

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DAS VERHALTEN VON
RÖNTGENFILMEN UNTER VERSCHIEDENEN
ENTWICKLUNGSBEDINGUNGEN

Peter Klotz

1985

*Des
München*

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kiefer-
krankheiten
der Universität München
(Direktor: Prof. Dr. E. SONNABEND)

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DAS VERHALTEN
VON RÖNTGENFILMEN UNTER VERSCHIE-
DENEN ENTWICKLUNGSBEDINGUNGEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Peter Klotz
aus Germering

München 1985

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof.Dr.E.Sonnabend

Mitberichterstatter:

Dekan: Prof.Dr.W.Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 28. Januar 1986

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. EINLEITUNG	1
2. LITERATURÜBERSICHT	2
3. VERARBEITUNG VON RÖNTGENFILMEN	5
3. 1 Entwicklung	5
3. 2 Fixiervorgang	7
3. 3 Schlußwässerung	7
4. SENSITOMETRIE	8
5. EIGENE UNTERSUCHUNGEN	10
5. 1 Filme	10
5. 2 Kupferstufenkeil	10
5. 3 Dosimetrie	11
5. 4 Versuchsanordnung	11
6. ERGEBNISSE DER EIGENEN UNTERSUCHUNGEN	12
6. 1 Bestimmung der Filmempfindlichkeit von sieben verschiedenen Zahnfilmen	12
6. 1. 1 Grauschleier der unbelichteten Filme	12
6. 1. 2 Bestrahlung des Kupferstufenkeils bei 50 kV Röhrenspannung und 20 mA Röhrenstrom	13
6. 1. 3 Bestrahlung des Kupferstufenkeils bei 60 kV Röhrenspannung und 14 mA Röhrenstrom	16
6. 1. 4 Bestrahlung des Kupferstufenkeils bei 65 kV Röhrenspannung und 14 mA Röhrenstrom	20
6. 2 Untersuchung des Grauschleiers in Abhängigkeit von Entwicklungszeit und Entwicklertemperatur bei fünf verschiedenen Zahnfilmen	23
6. 2. 1 Material und Versuchsanordnung	23
6. 2. 2 Gemessene Grauschleierwerte	24
6. 2. 3 Quantitativer Vergleich der gemessenen Grauschleier- werte	28
6. 3 Untersuchung der Schwärzungskurven in Abhängigkeit von Entwicklungszeit und Entwicklertemperatur bei fünf verschiedenen Zahnfilmen	30

6. 3. 1	Material und Versuchsanordnung	30
6. 3. 2	Untersuchung des Kodak Ekta Speed	31
6. 3. 3	Untersuchung des Kodak Ultra Speed	40
6. 3. 4	Untersuchung des Agfa Dentus	49
6. 3. 5	Untersuchung des Dupont Super Dozahn	58
6. 3. 6	Untersuchung des GSF - Films	67
6. 4	Untersuchung des GSF - Films auf Überentwicklung	76
6. 4. 1	Material und Verarbeitung	76
6. 4. 2	Gemessene Schwärzungen mit dem Kupferstufenkeil bei Entwicklungszeiten von 1' bis 60'	76
6. 4. 3	Schwärzungskurven des GSF - Films bei Entwick- lungszeiten von 1' bis 60'	77
6. 5	Untersuchung des Kodak Ultra Speed auf Überentwicklung	78
6. 5. 1	Material und Verarbeitung	78
6. 5. 2	Gemessene Schwärzungen des Kodak Ultra Speed bei Entwicklungszeiten von 3' bis 180'	78
6. 5. 3	Schwärzungskurven des Kodak Ultra Speed bei Entwicklungszeiten von 3' bis 180'	79
6. 6.	Untersuchung des Einflusses von Entwickleralte- rung und Luftoxidation mit dem Kodak Ultra Speed	80
6. 6. 1	Material und Verarbeitung	80
6. 6. 2	Gemessene Schwärzungen des Kodak Ultra Speed an den einzelnen Versuchstagen	80
6. 7	Technische Daten der untersuchten Filme	82
7.	BEWEGUNG DER SILBERPREISE IN DEN LETZTEN JAHREN	83
8.	KURZFASSUNG UND KRITISCHE AUSWERTUNG DER ERGEBNISSE	84
9.	VERGLEICH MIT ANDEREN AUTOREN	91
10.	ZUSAMMENFASSUNG	94
11.	LITERATURVERZEICHNIS	96

1. Einleitung

Die drei wesentlichsten Aspekte der Röntgenologie in der zahnärztlichen Praxis scheinen wohl folgende zu sein:

a) Strahlenexposition des Patienten:

Hier sollte darauf geachtet werden, daß trotz der Menge der benötigten Aufnahmen (z.B. Parodontalstatus, Bißflügelstatus, Endodontie) die applizierte Patientendosis zu minimieren ist. Daher empfiehlt es sich, höchstempfindliches Filmmaterial zu verwenden.

b) Ergonomie der Verarbeitung des Röntgenbildes:

Aus ergonomischen und wirtschaftlichen Gründen ist es sinnvoll, eine Röntgenaufnahme in möglichst kurzer Zeit (besonders Diagnoseaufnahmen) zu verarbeiten. Hierbei erscheint es wichtig, Kenntnisse über bestmögliche Verarbeitung und mögliche Verarbeitungsfehler zu haben.

c) Qualität des Röntgenbildes:

Sie ist entscheidend für die Diagnosestellung des Zahnarztes. Daher sollte man über das verwendete Filmmaterial sowie über die verwendeten Verarbeitungseinheiten genügend Bescheid wissen.

Ziel dieser Arbeit ist es nun, die gebräuchlichsten Zahnfilme bei variierenden Verarbeitungsbedingungen zu untersuchen. Die Ergebnisse sollen helfen, daß bei optimalem Einsatz von Filmmaterial und Dunkelkammer folgende Maximen erreicht werden:

I. Minimierung der Strahlenexposition des Patienten.

II. Möglichst optimale Ergonomie bei der Filmverarbeitung.

III. Maximierung der Qualität des Röntgenbildes.

2. Literaturübersicht

B e c k (2) schrieb 1949: Früher galt, daß mit sinkender Größe des Korns zwar das Auflösungsvermögen und damit die Detailerkennbarkeit zunahm, jedoch die Filmempfindlichkeit abnahm. Erst 1937 gelangte Agfa zu einer ganz erheblichen Verfeinerung der Emulsionskörner ohne gleichzeitigen Verlust an Filmempfindlichkeit. Ferner stellte Beck fest, daß mit abnehmender Dicke der Schicht Auflösungsvermögen und Entwicklungsgeschwindigkeit zunehmen.

Mc C a l l und W a l d (3) untersuchten 1954 die Lebensdauer von Entwickler und Fixierbad, die von folgenden Faktoren abhängt: Größe der zu entwickelnden Filmfläche; Temperatur der Bäder; Ausmaß der Luftoxidation; Zusammensetzung und Reinheit der Chemikalien. Die Lösungen können benutzt werden, bis ihre Wirkung zu langsam wird oder sich chemische Rückstände absetzen. Entwickler und Fixierbad sollten alle 3-4 Wochen erneuert werden.

S o n n a b e n d (5) schreibt 1958 in seinem Buch "Das Röntgenbild in der zahnärztlichen Praxis": "Das Ergebnis einer unzureichenden Dunkelkammerarbeit ist ein technisch schlechter Röntgenfilm, der bei der Befunderhebung mangelhaft ist und die Gefahr des Irrtums erheblich vergrößert."

J u n g (6) kommt 1967 zu folgenden Ergebnissen: Aus physikalisch-chemischen Gründen ist die Empfindlichkeit einer Emulsion gegenüber Röntgenstrahlen in erster Linie durch größere Silberkörner und durch eine dickere Schicht zu steigern. Der Kontrast hingegen hängt von der Filmgradation und den Schleierwerten ab.

K l e m m und S c h l e g e l (7) untersuchten 1967 den "fil-den" - Zahnfilm (entspricht dem heutigen Phil-X 30") mit folgenden Ergebnissen:

- Er zeigt hohe Schleierwerte. Die Detailerkennbarkeit ist im herkömmlichen Verfahren wegen höherer Kontraste (geringerer Grundsleier) weitaus besser.
- Die enorale Fixierung des Film ist erschwert.
- Er bringt keinen Zeitgewinn.

B u z z i (36) schreibt 1967 über den "fil-den" - Zahnfilm:

- Seine Empfindlichkeit liegt im Bereich des Kodak-Ultra-Speed.
- Das Korn ist relativ grob und gestattet deshalb nur ein beschränktes Auflösungsvermögen.

C a s t a g n o l a und G a r b e r o g l i o (15) halten 1969 eine Verringerung der Verarbeitungszeit durch längere Belichtungszeit (höhere Strahlenexposition, schlechtere Bildqualität!) und durch Erhöhung der Entwicklertemperatur (Abschwemmung des Emulsionsbelages, schneller Verschleiß des Entwicklers!) für ungeeignet.

J o s t und D e m u t h (4) bekräftigen 1969: "Die Qualität einer Röntgenaufnahme wird in der Dunkelkammer entschieden."

M a n s o n - H i n g (23) kam 1973 bei seiner Untersuchung über Schnellentwickler-Lösungen zu folgenden Resultaten: Die untersuchten Schnellentwickler-Lösungen (u.a. Kodak DX 80 R Regenerator) produzieren nur geringfügig weniger Kontrast und Schwärzung als die konventionellen Entwicklerlösungen. Sie bringen Zeitersparnis und machen Überexposition und Unterentwicklung unnötig. Sie können in der Endodontie und als Diagnose-Hilfsmittel verwendet werden.

S c h m i t t (11) erkannte 1974, daß 52 % der Fehler im Dental-Röntgenbereich in der Dunkelkammer gemacht werden:

- Verbrauchte Chemikalien (vor allem Entwickler)
- Zu lange oder zu kurze Entwicklungszeit
- Zu gering eingestellte Entwicklertemperatur
- Ungenügende Reinigung der Entwicklungsgeräte

M a n s o n - H i n g und M o n n i e r (24) stellten 1975 fest, daß eine Erhöhung der Entwicklertemperatur im Sinne einer Schnellentwicklung zu hohen Schleierwerten führt. Zum Erreichen einer gleichwertigen Schwärzung wie bei konventioneller Entwicklung veränderte er bei den Schnellentwicklern die Konzentrationsverhältnisse der Lösungen.

S a u t e r (1) kam 1978 in ihrer Dissertation "Über die Abhängigkeit der für Zahnrontgenaufnahmen erforderlichen Dosis vom Filmmaterial und seiner Verarbeitung, sowie von aufnahmetechnischen Faktoren" zu folgenden Ergebnissen:

- Der prinzipielle Verlauf der Schwärzungskurven ist unabhängig von Röhrenspannung, Entwicklertemperatur oder Zusatzfilterung. Bei Entwicklungszeiten unter vier Minuten verlaufen die Kurven zum Teil etwas flacher.
- Mit steigender Röhrenspannung, längerer Entwicklungszeit und höherer Entwicklertemperatur nimmt die "film-speed" zu, d. h. Schwärzung $D = 1$ wird schon bei geringerer Dosis erreicht.

- Durch Phantomversuche wurde bestätigt, daß die beste Bildqualität mit einer Belichtungszeit von 0,4 - 0,5 sec, einer Dosis von maximal 1,0 R (HOD) und einer Schwärzung von $D = 1,4 - 1,8$ erreicht wird.
- Zur Verringerung der Hautdosis (HOD) ergeben sich folgende Möglichkeiten: Erhöhung der Röhrenspannung; Erhöhung der Filterung; Verwendung des Langtubus, d. h. Verlängerung des Fokus-Film-Abstandes

R o t g a n s (38) führt 1983 aus, daß man zwar eine Erhöhung der Filmempfindlichkeit durch die Verwendung größerer Kristalle und die Erhöhung des Silberbromidkristallanteils in der Emulsion erreichen könnte. Doch führt dies zwangsläufig zu einer dickeren Emulsionsschicht, wodurch der Entwicklungsprozeß negativ beeinflußt wird. Er untersuchte den Zahnfilm Kodak-Ekta-Speed im Vergleich zum Kodak-Ultra-Speed und stellte fest, daß der Ekta-Speed 1,8 - fach empfindlicher ist als der Ultra-Speed bei in etwa gleichen Schleierwerten, so daß bei Verwendung des Ekta-Speed die Patientendosis um 50 % reduziert werden kann.

3. Verarbeitung von Röntgenfilmen

Die Verarbeitung von Röntgenfilmen besteht aus den Vorgängen Entwicklung, Fixage und Schlußwässerung.

3. 1 Entwicklung:

Die bei der Reifung der Emulsion entstandenen Keime ergeben zusammen mit der Lichteinwirkung auf die Schicht die Entwicklungszentren. Durch die Belichtung entsteht in der Filmschicht ein latentes Bild, das durch die Entwicklung sichtbar gemacht wird.

Der Entwickler reduziert die belichteten Silberhalogenidkörner wesentlich schneller als die unbelichteten. Das abgeschiedene lichtundurchlässige Silber führt zu einer sichtbaren Schwärzung. Bei extrem langen Entwicklungszeiten werden alle Ag Br-Körner in metallisches Silber überführt.

Ein Teil der Körner wird ohne Belichtung geschwärzt. Die daraus resultierende Dichte bezeichnet man als Grundscheier. Bei langer und warmer Lagerung der Filme steigt der Grundscheier an und der Kontrast fällt ab.

Zusammensetzung des Entwicklers:

a) Reduktionsmittel=Entwicklungssubstanz:

Sie reduzieren selektiv belichtetes Ag Br zu metallischem Silber.

Beispiele: Metol, Hydrochinon, Paramidophenol, Amidol, Glycin,

Brenzkatechin, Paraphenylendiamin, Atomal

Die Konzentration der Entwicklungssubstanz bestimmt Entwicklungsgeschwindigkeit und Ausnutzbarkeit der Lösung.

b) Natriumsulfit, Kaliummetabisulfit:

Sie schützen die Lösungen gegen Luftoxidation und dienen zur Regenerierung der entwickelnden Substanz. Der Sulfitgehalt bestimmt also die Haltbarkeit des Entwicklers.

- c) Alkalien (Hydroxide, Karbonate, Borate und Metaborate der Alkalimetalle):

Sie beschleunigen die Wirkung der Entwicklungssubstanz bzw. bringen sie überhaupt erst hervor. Sie beeinflussen also die Entwicklungsgeschwindigkeit.

Der pH einer Gebrauchslösung liegt zwischen 9,8 und 11,8. Durch den Entwicklungsvorgang sinkt der pH-Wert ab. Darum muß eine Regeneratordlösung mehr Alkali enthalten.

- d) Stabilisatoren (KBr, KJ):

Sie verringern den Grundschiefer, beeinflussen die Gradation und steuern die Entwicklungsgeschwindigkeit.

- e) Wasser als Lösungsmittel

Beeinflussung von Entwicklungsvorgang und Bildcharakter:

- a) Konzentration des Entwicklers:

Eine Verdünnung der Lösung bewirkt eine Kontrastabnahme und eine geringere Ausnutzung der Filmempfindlichkeit. Die Verarbeitungs- und Belichtungszeiten müssen verlängert werden.

- b) Temperatur des Bades:

Sie soll so eingestellt werden, daß bei einer weiteren Steigerung der Temperatur die maximale Schwärze nicht mehr zunimmt, sondern nur der Schleier.

- c) Bewegung des Bades:

Sie beschleunigt den Entwicklungsvorgang und erhöht den Kontrast bei relativ geringem Grundschiefer.

- d) Belichtung:

Überbelichtungen und kurze Entwicklungszeiten ergeben einen flachen, kurze Belichtungen und intensive Entwicklung einen hohen Bildkontrast.

3. 2 Fixiervorgang:

Thiosulfatverbindungen (Ammoniumthiosulfat, Natriumthiosulfat) bringen das wasserunlösliche Silberhalogenid der Schichten in Lösung. Die Fixierzeit beträgt zwischen 15 und 60 Sekunden.

3. 3 Schlußwässerung:

Während der Verarbeitung der Filme sind in die Emulsionsschichten Chemikalien eingedrungen, die durch die Schlußwässerung wieder entfernt werden müssen, um die Haltbarkeit der Filme nicht zu beeinträchtigen.

4. Sensitometrie

Die drei wichtigsten sensitometrischen Daten sind:

Empfindlichkeit = die Maßzahl, die angibt, wieviel Licht bzw. Strahlung notwendig ist, um ein Bild zu erhalten.

Gradation = Kontrastwiedergabe einer Schicht; steiles, kontrastreiches (hartes) Material gibt die Helligkeitsunterschiede stark wieder, flaches (weiches) Material wenig.

Schleier = die Schwärze, die ein Film nach einer Verarbeitung ohne vorhergehende Belichtung zeigt.

Die sensitometrischen Werte werden mit einem Densitometer (= Schwärzungsmesser) gemessen. Er besteht aus einer Lichtquelle und Fotozelle, die mit einer Meßeinrichtung verbunden sind. Die Differenzen der vorkommenden Lichtmengen sind so groß, daß man sich der Logarithmen der gefundenen Zahlenwerte bedient:

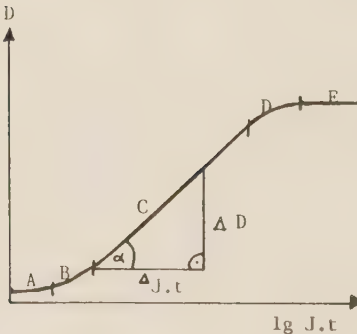
$$\text{Transparenz} = \frac{\text{durchgefallene Lichtmenge}}{\text{auffallende Lichtmenge}} = T = \frac{J}{J_0}$$

$$\text{Opazität } O = \frac{1}{T} = \frac{J_0}{J}$$

$$\text{Dichte (D)} = \text{Schwärze (S)} = \lg O = \lg \frac{J_0}{J}$$

Schwärzungs- (Gradations-) kurve: Abszisse: Belichtung $\lg (J \cdot t)$

Ordinate: Schwärzung $(D = \lg \frac{J_0}{J})$



Sie wird in 5 Abschnitte unterteilt:

- A: Grundschleier und Unterlage des unbelichteten Filmes
- B: Fuß bzw. Durchhang
- C: Geradliniger Teil
- D: Schulter=Teil der Überbelichtung
- E: Maximale Schwärze, die bei völliger Durchbelichtung und Ausentwicklung einer Schicht erreicht wird.

Der geradlinig verlaufende Kurventeil dient zur Bestimmung von Empfindlichkeit und Gradation:

Empfindlichkeit = die für Schwärzung $D = 1$ benötigte Lichtmenge bzw. Strahlendosis

Mittlerer Gradient $\bar{G}$

= Steigung der Geraden zwischen den Punkten der Dichtekurve bei den Dichten D_1 und D_2 über Schleier und Unterlage auf dem Film

$$\bar{G} = \frac{D_2 - D_1}{\lg \frac{K_{a2}}{K_{a1}}}$$

K_{a1} , K_{a2} Luftkerma für Dichte D_1 bzw. D_2 .

Gradation = Höchstwert des Gradienten

Die Gradation ist abhängig von der Gelatinesorte und vom Halogensilber in der Emulsion, wobei die Filmschichten der panchromatischen Filme (Röntgenfilme) mehr oder weniger weich sind. Ferner ist die Gradation abhängig von der Art des Entwicklers und der Entwicklungsdauer.

Mit zunehmender Entwicklungszeit steigt die Gradation (γ -Wert) an und fällt bei verlängerter Entwicklung wieder ab. Der Schleier steigt kontinuierlich exponentiell an, was sich bei einer Überentwicklung sehr ungünstig auswirkt. Ähnliche Verhältnisse liegen bei Temperaturfächern vor, wobei hier der Schleier wesentlich schneller ansteigt.

5. Eigene Untersuchungen

5. 1 Filme:

Zur Verwendung kamen folgende sieben Zahnfilme im Format 3 x 4 cm, die ich mit unten genannten Abkürzungen versah:

Kodak Ultra Speed	KUS
Kodak Ekta Speed	KES
Dupont Super Dozahn	DSD
Agfa Dentus	AD
Phil-X 30"	P
Defacron	D
GSF - Film	GSF

An dieser Stelle möchte ich mich bei den Herstellern der Filme dafür bedanken, daß uns die Filme gratis zur Verfügung gestellt wurden.

Ferner möchte ich noch grundsätzlich zu den Filmen Phil-X 30" und Defacron bemerken:

Neu an beiden Zahnfilmen scheint mir, daß gemeinsam in einer Kunststoffhülle der Röntgenfilm und in zwei getrennten Kunststoffbeuteln Entwickler- und Fixierflüssigkeit untergebracht sind. Zur Aufnahme wird der Röntgenfilm im Kunststoffbeutel wie üblich enoral fixiert und belichtet. Dann zieht man die Reißblase für den Entwickler und streicht nun die jetzt freigesetzte Flüssigkeit mit melkenden Bewegungen in den Filmanteil des Beutels. Nach 30 Sekunden Streichtätigkeit wird in gleicher Weise das Fixiermittel eingetrieben. Anschließend reißt man die Kunststoffhülle auf und spült den entnommenen Film unter fließendem Wasser ab. Der Film ist jetzt klinisch auswertbar.

5. 2 Kupferstufenkeil:

Die Bestrahlung der Filme erfolgte stets durch einen Stufenkeil aus Kupfer hindurch, dessen Stufen die Dicken 0,2 bis 1,0 mm in fünf Streifen besaßen. Der Stufenkeil, der die Größe der benutzten Zahnfilme besitzt, war in einem streichholzschachtelähnlichen Behältnis aus Pappe

befestigt, so daß die zu untersuchenden Filme stets in identischem Abstand hinter dem Stufenkeil eingelegt werden konnten. So erhielten wir 5 verschiedene Schwärzungen auf einem Zahnfilm, die zum Erstellen der Schwärzungskurven genügten.

5.3 Dosimetrie:

Die Dosimetrie erfolgte mit kalibrierten Dosimetern der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung in München-Neuherberg (GSF).

5.3 Versuchsanordnung:

Die Bestrahlung der Filme erfolgte durchwegs durch den oben genannten Kupferstufenkeil in der GSF.

Bei der Filmverarbeitung gab es zwei Varianten:

- a) Dunkelkammeranlage "Fribo-X" mit Adefo-Röntgen-Entwickler-Konzentrat und dem Thermostat "Fribo-Paratherm S 100 Electronic" in der GSF.
- b) Dürr-Gerät AC 245 L (28 °C) in der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten, München.

Die densitometrische Auswertung der Filme geschah in der GSF mit dem Transmission Densitometer DT 1105 der Firma R.Y. Perry Ltd./England.

An dieser Stelle möchten wir uns bedanken bei

- Herrn Dr. Dieter Regulla von der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung München-Neuherberg,
unter dessen Leitung der praktische Teil der Arbeit vonstatten ging,
- Herrn Eckerl und Herrn David von der GSF München,
die uns bei der Durchführung der Versuche tatkräftig unterstützten.

6. Ergebnisse der eigenen Untersuchungen

6. 1 Bestimmung der Filmempfindlichkeit von sieben verschiedenen Zahnfilmen

Für diese Versuche wurde die unter 5. 2. genannte Versuchsanordnung mit dem Kupferstufenkeil verwendet. Das Belichten der Filme, die Dosisimetrie und auch die Densitometrie erfolgte in der GSF Neuherberg. Zur Verarbeitung der Filme fand das Dürr-Gerät AC 245 L bei 28° in der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten, München, Verwendung.

6. 1. 1 Grauschleier (base + fog) der unbelichteten Filme:

Kodak Ultra Speed	0,18
Kodak Ekta Speed	0,21
Dupont Super Dozahn	0,17
Agfa Dentus	0,16
Phil - X 30"	0,23
Defacron	0,19
GSF-Film	0,24

Man erkennt, daß sich die Grauschleierwerte im wesentlichen um Dichte 0,2 mit Abweichungen von 0,04 nach oben und unten bewegen, wobei der Kodak Ultra Speed, der Dupont Super Dozahn und der Agfa Dentus besonders niedrige Grauschleierwerte aufwiesen. Hingegen zeigte der Phil - X 30" und der GSF-Film deutlich höhere Grauschleierwerte. Der Grauschleierwert des neuentwickelten Kodak Ekta Speed war um 0,03 höher als der des Kodak Ultra Speed. Bei den Filmen mit eigenen Verarbeitungslösungen war festzustellen, daß der neuentwickelte Defacron gegenüber dem alteren Phil - X 30" einen 0,04 niedrigeren Grauschleier erreichte. Den niedrigsten Grauschleier der untersuchten Filme zeigte mit 0,16 der Agfa Dentus.

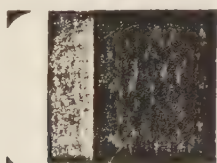
Der Grauschleier wurde bei den folgenden Schwärzungskurven nicht subtrahiert, da seine Einbeziehung für den Vergleich der Filme untereinander ohne Bedeutung ist. Die genannte Filmempfindlichkeit bezieht sich also streng genommen auf $D = 0,8$.

6. 1. 2 Bestrahlung des Kupferstufenkeils bei 50 kV Röhrenspannung,
20 mA Röhrenstrom und einer Filterung von 2,0 mm Aluminium

a) Dosimetrie des Kupferstufenkeils:

Dicke des Kupfer- stufenkeils in mm	Dosis in mR	Transmission in%
0	168,21	100
0,2	40,03	23,8
0,4	12,78	7,6
0,6	5,72	3,4
0,8	2,86	1,7
1,0	1,68	1,0

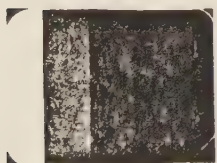
b) Die untersuchten Filme bei 50 kV Röhrenspannung und 20 mA Röhrenstrom:



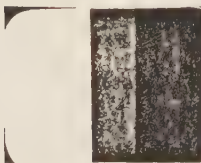
Kodak Ultra Speed



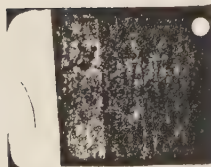
Kodak Ektaspeed



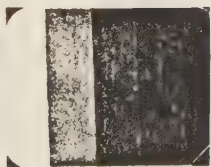
Dupont Super Dazahn



Agfa Dentus



Phil - X 30''



Defacron



GSF-Film

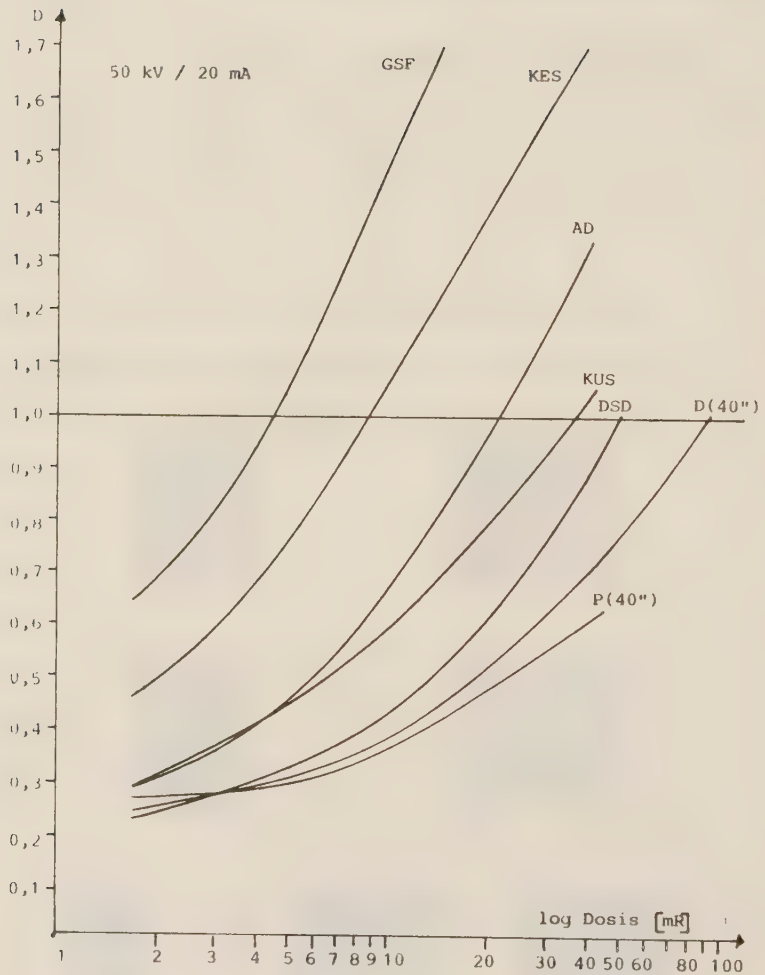


Abb. 1 Schwärzungskurven der untersuchten Filme bei 50 kV / 20 mA

c) Werte für die Schwärzungskurve (Durchschnittsdichte D):

Dicke in mm	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
KUS	0,29	0,36	0,46	0,65	1,03
KES	0,46	0,57	0,80	2,20	2,68
DSD	0,23	0,27	0,34	0,48	0,88
AD	0,29	0,35	0,48	0,76	1,29
P (40")*	0,27	0,29	0,30	0,39	0,61
D (40")	0,24	0,27	0,31	0,41	0,68
GSF	0,64	0,79	1,10	1,61	2,38

* die in Klammer gesetzte Sekundenangabe ist die Entwicklungsdauer

d) Filmempfindlichkeit, d. h. für die Schwärzung $D = 1$ benötigte Dosis (vergleiche Abb. 1):

KUS	37,0 mR	100 %
KES	8,9 mR	24 %
DSD	52,0 mR	140 %
AD	22,0 mR	59 %
P	ca. 120,0 mR	ca. 324 %
D	ca. 90,0 mR	ca. 243 %
GSF	4,5 mR	12 %

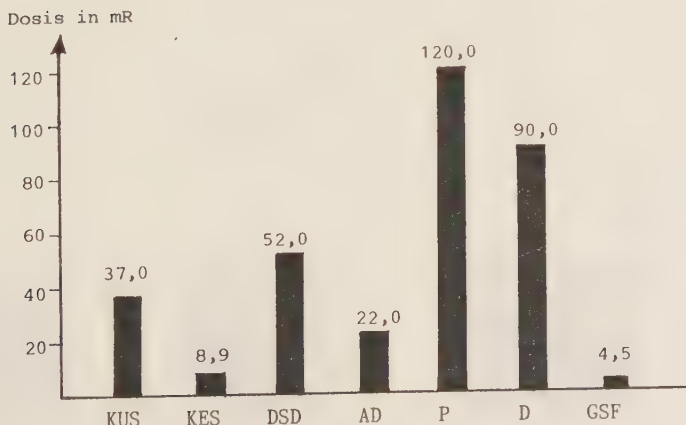


Abb. 2 Empfindlichkeit der untersuchten Filme bei 50 kV / 20 mA

Die obengenannten Prozentwerte haben als Bezugspunkt den Kodak Ultra Speed, der als Standardfilm mit 100 % angegeben wird. Die Prozentwerte sollen zur besseren Vergleichsmöglichkeit der Filmempfindlichkeit der genannten Filme dienen.

Die beiden mit Abstand empfindlichsten Filme waren der GSF-Film und der Kodak Ekta Speed. Beim Kodak Ekta Speed brauchte man für Schwärzung $D = 1$ ca. $1/4$ der Dosis, die beim Kodak Ultra Speed für die gleiche Schwärzung benötigt wurde. Beim Agfa-Dentus reichten ca. 60 % der bei dem Kodak Ultra Speed zur Schwärzung $D = 1$ notwendigen Dosis aus. Am unempfindlichsten reagierten der Phil - X 30" und der Defacron. Bei diesen Filmen mußte etwa die 2 bis 3fache Dosis wie beim Kodak Ultra Speed eingesetzt werden, um Schwärzung $D = 1$ zu erzielen.

6. 1. 3 Bestrahlung des Kupferstufenkeils bei 60 kV Röhrenspannung,
14 mA Röhrenstrom und einer Filterung von 2,0 mm Aluminium:

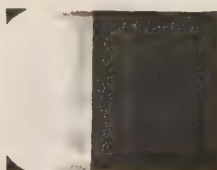
a) Dosimetrie des Kupferstufenkeils:

Dicke des Kupfer- stufenkeils in mm	Dosis in mR	Transmission in %
0	195,6	100
0,2	60,44	30,9
0,4	24,25	12,4
0,6	12,69	6,49
0,8	7,59	3,88
1,0	5,05	2,58

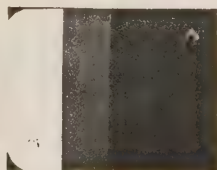
b) Die untersuchten Filme bei 60 kV Röhrenspannung und 14 mA Röhrenstrom:



Kodak Ultra Speed



Kodak Ekta Speed



Dupont Super Dozahn

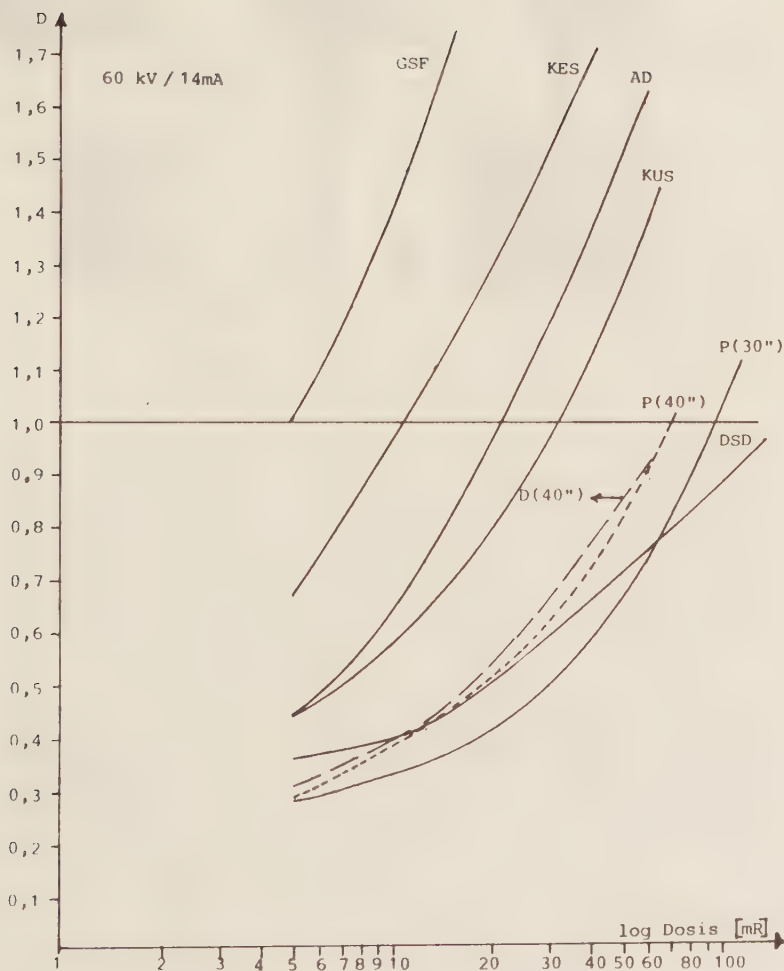
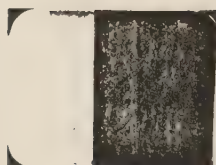
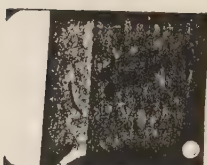


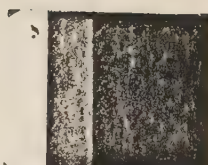
Abb. 3 Schwärzungskurve der untersuchten
Filme bei 60 kV / 14 mA



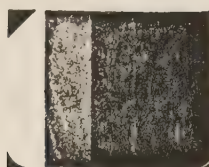
Agfa Dentus



Phil - X (40'')



Phil - X (30'')



Defacron



GSF-Film

c) Werte für die Schwärzungskurve (Durchschnittsdichte D):

Dicke in mm	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
KUS	0,44	0,51	0,64	0,90	1,35
KES	0,67	0,84	1,08	1,40	1,90
DSD	0,36	0,38	0,41	0,55	0,75
AD	0,44	0,54	0,73	1,06	1,61
P (40'')	0,29	0,34	0,41	0,53	0,90
P (30'')	0,28	0,31	0,34	0,45	0,73
D (40'')	0,31	0,36	0,42	0,56	0,89
GSF	1,00	1,22	1,57	2,12	2,83

d) Filmempfindlichkeit, d. h. für die Schwärzung $D = 1$ benötigte Dosis (vergleiche Abb. 3):

KUS	32,0 mR	100 %
KES	11,0 mR	34 %
DSD	ca. 130,0 mR	406 %
AD	22,0 mR	69 %
P (40'')	ca. 70,0 mR	218 %
P (30'')	ca. 95,0 mR	297 %
D (40'')	ca. 70,0 mR	218 %
GSF	5,0 mR	16 %

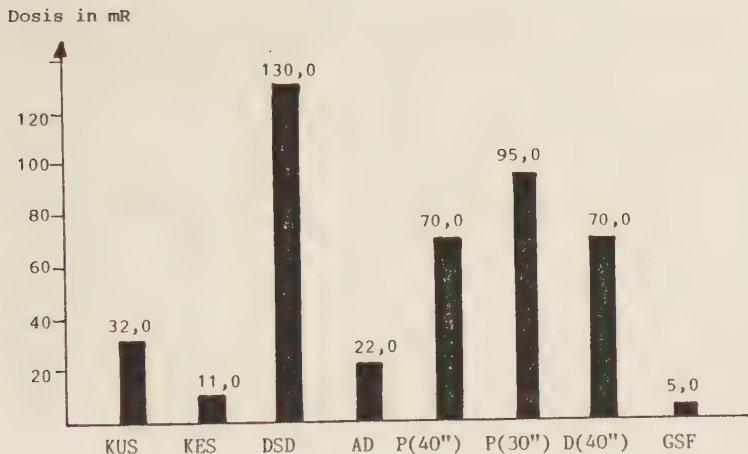


Abb. 4 Empfindlichkeit der untersuchten
Filme bei 60 kV / 14 mA

Auch bei diesen Versuchen waren der GSF-Film und der Kodak Ekta Speed, gefolgt vom Agfa Dentus, die empfindlichsten Filme. Mit dem Kodak Ekta konnte hier im Vergleich zum Kodak Ultra Speed die für Schwärzung $D = 1$ benötigte Dosis auf ca. ein Drittel reduziert werden. Die 40 sec lang entwickelten Filme Phil - X 30" und Defacron zeigten annähernd die gleiche Schwärzungskurve und benötigten beide die doppelte Dosis wie der Kodak Ultra Speed. Bei 30 sec Entwicklungsdauer brauchte der Phil - X 30" sogar die 3fache Dosis. Am unempfindlichsten reagierte der Dupont Super Dozahn, der die 4fache Dosis wie der Kodak Ultra Speed benötigte.

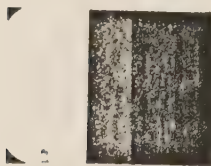
Der mit Abstand empfindlichste Film ist der GSF-Film, der bei 5,0 mR Bestrahlung bereits die Schwärzung $D = 1$ erzielte.

6. 1. 4 Bestrahlung des Kupferstufenkeils bei 65 kV Röhrenspannung,
14 mA Röhrenstrom und einer Filterung von 2,0 mm Aluminium:

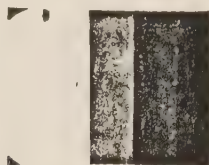
a) Dosimetrie des Kupferstufenkeils:

Dicke des Kupfer- stufenkeils in mm	Dosis in mR	Transmission in %
0	206,4	100
0,2	77,61	37,6
0,4	36,12	17,5
0,6	20,85	10,1
0,8	13,21	6,4
1,0	8,88	4,3

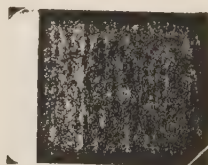
b) Die untersuchten Filme bei 65 kV Röhrenspannung und 14 mA Röhrenstrom:



Kodak Ultra Speed



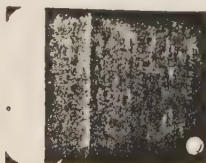
Kodak Ektar Speed



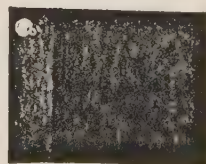
Dupont Super Dozahn



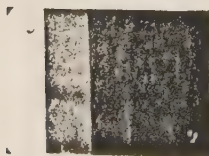
Agfa Dentus



Phil - X (40'')



Phil - X (30'')



Defacron



GSF-Film

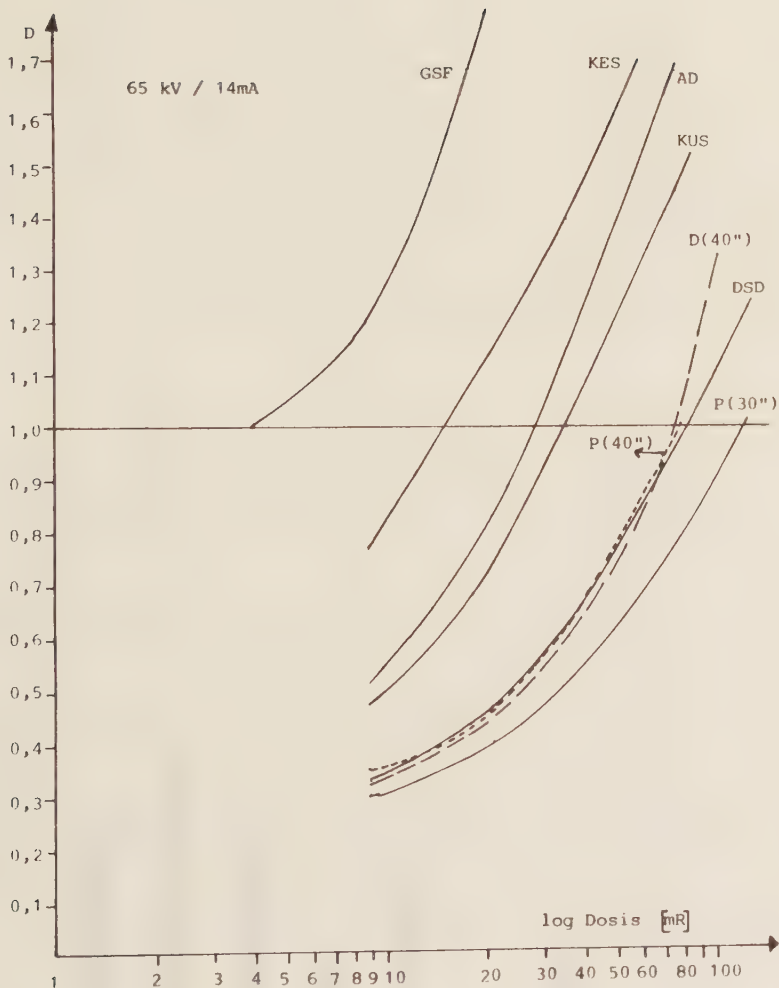


Abb. 5 Schwärzungskurve der untersuchten
Filme bei 65 kV / 14 mA

c) Werte für die Schwärzungskurve (Durchschnittsdichte D):

Dicke in mm	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
KUS	0,47	0,57	0,73	1,00	1,45
KES	0,77	0,97	1,14	1,40	1,84
DSD	0,33	0,39	0,47	0,62	0,96
AD	0,51	0,64	0,83	1,17	1,68
P (40")	0,35	0,38	0,47	0,62	0,97
P (30")	0,30	0,34	0,40	0,51	0,79
D (40")	0,32	0,37	0,45	0,60	1,00
GSF	1,20	1,42	1,79	2,30	3,07

d) Filmempfindlichkeit, d. h. für die Schwärzung $D = 1$ benötigte Dosis (vergleiche Abb. 5):

KUS	36,0 mR	100 %
KES	15,0 mR	42 %
DSD	85,0 mR	236 %
AD	29,0 mR	81 %
P (40")	80,0 mR	222 %
P (30")	ca. 120,0 mR	333 %
D (40")	80,0 mR	222 %
GSF	ca. 4,0 mR	11 %

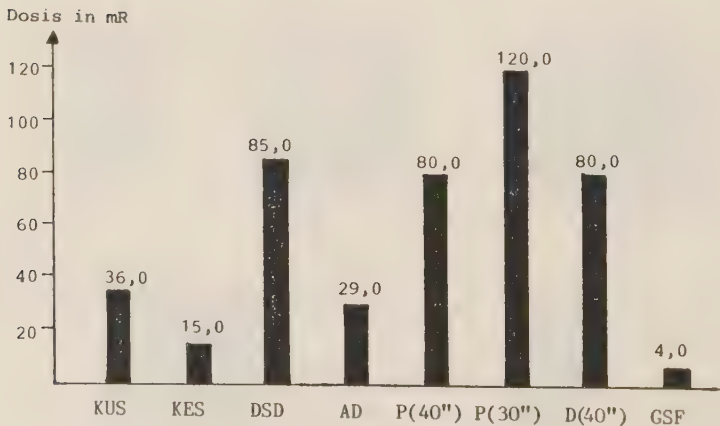


Abb. 6 Empfindlichkeit der untersuchten Filme bei 65 kV / 14 mA

Die Reihenfolge der empfindlichsten Filme entspricht den Versuchen 6. 1. 2 und 6. 1. 3, d. h. der GSF - Film erzielte die Schwärzung $D = 1$ bereits bei einer Bestrahlungsdosis von 4,0 mR, der Kodak Ekta Speed bei 15,0 mR und der Agfa Dentus bei 29 mR. Der Kodak Ekta Speed erreichte hier die Schwärzung $D = 1$ mit ca. 40 % der Dosis des Kodak Ultra Speed. Die 40 sec lang entwickelten Filme Defacron und Phil - X 30" zeigten hier wieder fast die gleiche Schwärzungskurve und benötigten für die Schwärzung $D = 1$ eine Dosis von 80 mR. Der Dupont Super Dozahn erwies sich auch hier als relativ unempfindlich im Vergleich zum Kodak Ultra Speed (er braucht etwas mehr als die doppelte Dosis für die gleiche Schwärzung). Am wenigsten empfindlich war hier wie bei den Versuchen 6. 1. 2 der Phil - X 30" mit einer Dosis von 120 mR bei einer Entwicklungsdauer von 30 sec.

6. 2 Untersuchung des Grauschleiers in Abhängigkeit von Entwicklungszeit und Entwicklertemperatur bei fünf verschiedenen Zahnfilmen

6. 2. 1 Material und Versuchsanordnung:

Untersucht wurden die Filme Kodak Ekta Speed, Kodak Ultra Speed, Agfa Dentus, Dupont Super Dozahn und der GSF - Film.

Verwendet wurde die Dunkelkammeranlage "Fribo-X" mit dem Thermostat "Fribo-Paratherm S 100 Electronic" in der GSF Neuherberg. Als Entwicklungssubstanz wurde ein Adefo-Röntgen-Entwickler-Konzentrat benutzt.

Die Densitometrie erfolgte mit dem "Transmission Densitometer DT 1105" der Firma R. Y. Perry Ltd./England.

6. 2. 2 Gemessene Grauschleierwerte:

T = Entwicklertemperatur

t = Entwicklungszeit

a) Kodak Ekta Speed:

$\begin{array}{c} t \\ \backslash \\ T \end{array}$	30"	1'	2'	3'	4'	5'
20 °C		0,15	0,16	0,17	0,17	0,17
22 °C		0,16	0,18	0,185	0,19	0,19
24 °C		0,16	0,17	0,18	0,185	0,19
26 °C		0,18	0,19	0,195	0,20	0,23
28 °C		0,18	0,19	0,21	0,26	0,29
30 °C	0,18	0,18	0,21	0,27	0,43	0,55

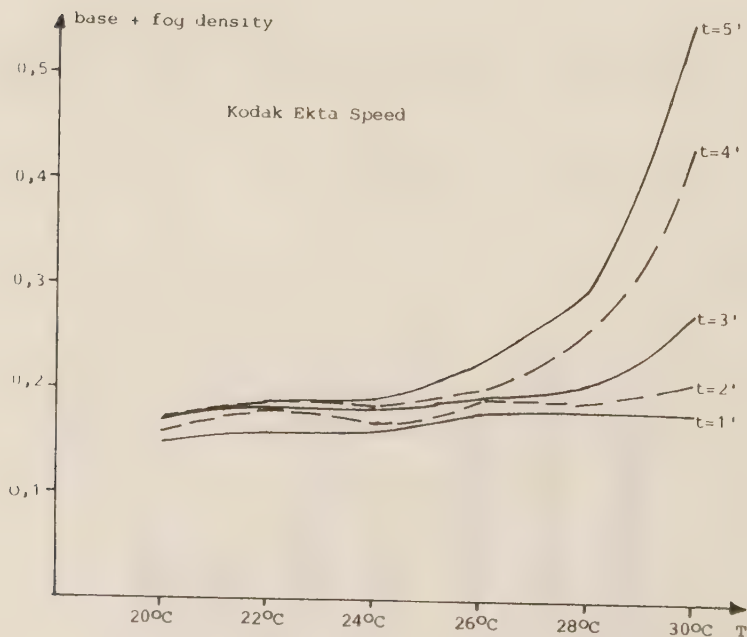


Abb. 7 Grauschleier des KES bei variabler Entwicklungszeit und Entwicklungstemperatur

b) Kodak Ultra Speed:

$\begin{array}{c} t \\ \backslash \\ T \end{array}$	30"	1'	2'	3'	4'	5'
20 °C		0,12	0,12	0,12	0,13	0,13
22 °C		0,12	0,135	0,14	0,14	0,145
24 °C		0,12	0,13	0,13	0,14	0,15
26 °C		0,13	0,14	0,14	0,14	0,16
28 °C		0,13	0,14	0,15	0,165	0,18
30 °C	0,12	0,13	0,15	0,16	0,19	0,24

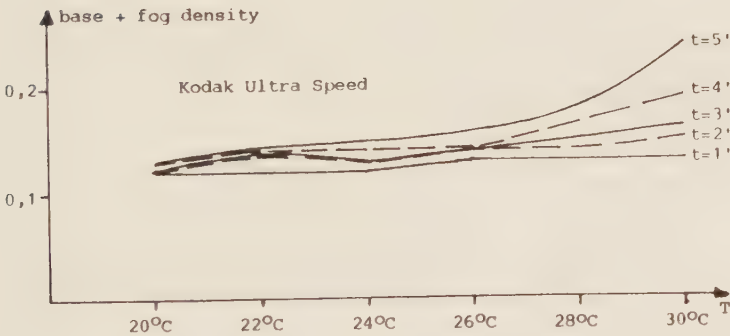


Abb. 8 Grauschleier des KUS bei variabler Entwicklungszeit und Entwicklungstemperatur

c) Agfa Dentus:

$\begin{array}{c} t \\ \backslash \\ T \end{array}$	30"	1'	2'	3'	4'	5'
20 °C		0,10	0,11	0,11	0,11	0,12
22 °C		0,11	0,11	0,115	0,12	0,13
24 °C		0,11	0,11	0,11	0,12	0,12
26 °C		0,11	0,11	0,12	0,14	0,14
28 °C		0,11	0,12	0,13	0,15	0,17
30 °C	0,11	0,11	0,13	0,16	0,19	0,23

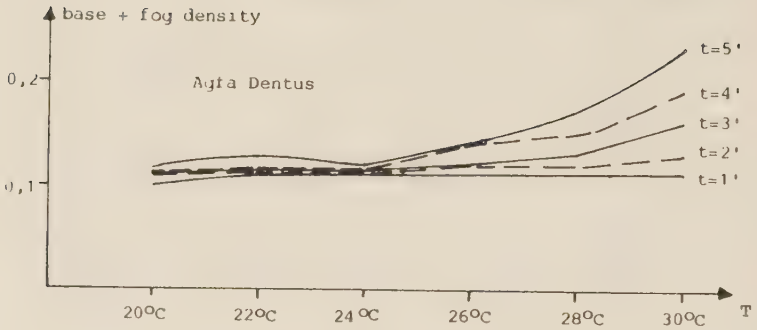


Abb. 9 Grauschleier des AD bei variabler Entwicklungszeit und Entwicklungstemperatur

d) Dupont Super Dozahn:

T \ t	30"	1'	2'	3'	4'	5'
20 °C		0,11	0,11	0,12	0,13	0,15
22 °C		0,125	0,13	0,13	0,13	0,14
24 °C		0,125	0,125	0,14	0,14	0,15
26 °C		0,12	0,13	0,14	0,16	0,185
28 °C		0,13	0,14	0,16	0,19	0,22
30 °C	0,12	0,14	0,16	0,20	0,25	0,35

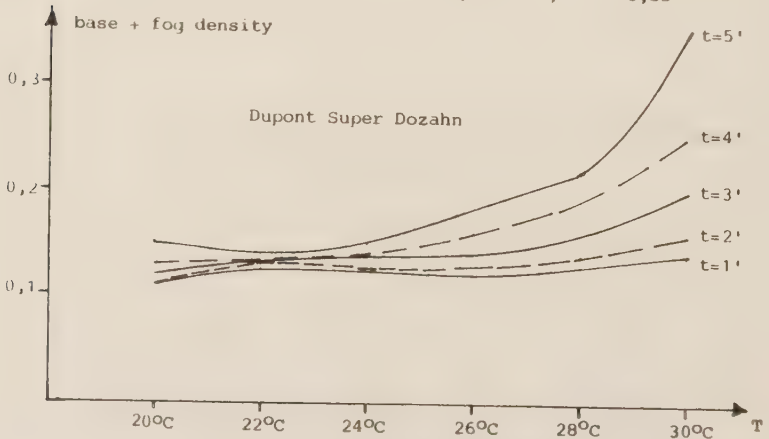


Abb. 10 Grauschleier des DSD bei variabler Entwicklungszeit und Entwicklungstemperatur

e) GSF - Film:

$\begin{array}{c} t \\ \backslash \\ T \end{array}$	30"	1'	2'	3'	4'	5'
20 °C		0,19	0,21	0,22	0,24	0,24
22 °C		0,205	0,22	0,24	0,25	0,26
24 °C		0,205	0,23	0,24	0,25	0,285
26 °C		0,235	0,26	0,29	0,31	0,35
28 °C		0,255	0,29	0,32	0,39	0,45
30 °C	0,25	0,27	0,38	0,45	0,62	0,68

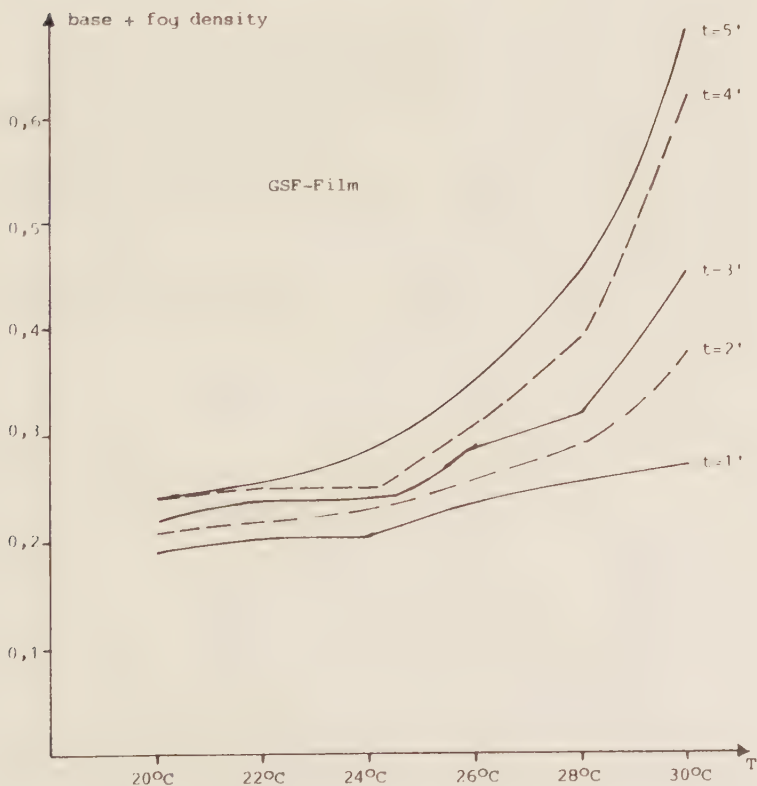


Abb. 11 Grauschleier des GSF bei variabler Entwicklungszeit und Entwicklungstemperatur

6. 2. 3 Quantitativer Vergleich der gemessenen Grauschleierwerte

a) Abhängigkeit von der Entwicklertemperatur ($t = 3'$ const.):

	24 °C	28 °C	Faktor der Erhöhung des Grauschleiers
KES	0,18	0,21	1,17
KUS	0,13	0,15	1,15
AD	0,11	0,13	1,18
DSD	0,14	0,16	1,14
GSF	0,24	0,32	1,33

Mit zunehmender Entwicklertemperatur steigt der Grauschleier an. Der Faktor, um den sich der Grauschleier erhöhte, war bei den vier Zahn-Röntgenfilmen (KES, KUS, AD, DSD) ähnlich. Jedoch zeigte sich bei den empfindlicheren Zahnfilmen (KES, KUS, AD) eine etwas stärkere Erhöhung des Grauschleiers als bei dem unempfindlicheren DSD. Der als Materialpruffilm verwendete GSF-Film, der höchste Empfindlichkeit bei hohem absoluten Grauschleier besitzt, zeigte eine ungleich stärkere Erhöhung des Grauschleiers.

Insgesamt kann man feststellen, daß sich bei empfindlicheren Filmen der Grauschleier mit zunehmender Entwicklertemperatur stärker erhöht als bei unempfindlicheren Filmen.

b) Abhängigkeit von der Entwicklungszeit ($T = 28$ °C sonst.):

	1'	3'	Faktor der Erhöhung des Grauschleiers
KES	0,18	0,21	1,17
KUS	0,13	0,15	1,15
AD	0,11	0,13	1,18
DSD	0,13	0,16	1,23
GSF	0,255	0,32	1,25

Mit zunehmender Entwicklungszeit steigt der Grauschleier an. Auch hier zeigte sich, daß der Grauschleier des GSF - Films stärker anstieg als der Grauschleier der übrigen Zahnfilme.

c) Höchster gemessener Grauschleier bei 28 °C Entwicklertemperatur
und 5 Minuten Entwicklungszeit:

Kodak Ekta Speed	0,55
Kodak Ultra Speed	0,24
Agfa Dentus	0,23
Dupont Super Dozahn	0,35
GSF - Film	0,68

Die beiden empfindlichsten Filme (GSF, KES) zeigten die höchsten absoluten Grauschleierwerte. Man kann daraus schließen, daß Filmempfindlichkeit auf Kosten von Grauschleier und damit Bildqualität erhöht wird. KUS und AD erreichten ähnliche maximale Grauschleierwerte, die jedoch deutlich unter denen von GSF und KES lagen. Man kann mit diesen beiden Zahnfilmen wohl eine bessere Bildqualität und Aussagekraft erreichen trotz geringerer Empfindlichkeit. Der DSD als relativ unempfindlicher Zahnfilm zeigte einen wesentlich höheren maximalen Grauschleier als KUS und AD, so daß wohl noch andere Komponenten als nur die Filmempfindlichkeit sich auf den Grauschleier auswirken.

6. 3. Untersuchung der Schwärzungskurven in Abhängigkeit von Entwicklungszeit und Entwicklertemperatur bei fünf verschiedenen Zahnfilmen:

6. 3. 1 Material und Versuchsanordnung:

Bestrahlt wurden die Filme durch den bei 6. 1 bereits verwendeten Kupferstufenkeil (0,2 - 1,0 mm Dicke). Die Bestrahlung erfolgte bei 60 kV Rohrensorgung, 14 mA Röhrenstrom und 2 mm Al Filterung. Die Dosimetrie ergab folgende Filmdosen:

Dicke d des					
Kupferstufenkeils in mm	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
Dosis in mR	5,05	7,59	12,69	24,25	60,44

Die Filmverarbeitung erfolgte mit der Dunkelkammeranlage "Fribo X" mit dem Thermostat "Fribo-Paratherm S 100 Electronic". Als Entwickler wurde Adefo-Röntgen-Entwickler-Konzentrat benutzt, das im angegebenen Verhältnis verdünnt wurde.

Densitometrisch ausgewertet wurden die Filme mit dem Transmission Densitometer DT 1105 der Firma R.Y. Perry Ltd./England.

6. 3. 2 Untersuchung des Kodak Ektaspeed (KES):

- a) Schwärzungswerte bei variabler Entwicklungszeit und Entwicklertemperatur:

Entwicklertemperatur 20 °C:

t = Entwicklungszeit, d = Dicke des Kupfers in mm

	d	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
t						
1'		0,50	0,64	0,85	1,10	1,50
2'		0,53	0,70	0,96	1,37	2,05
3'		0,56	0,72	0,98	1,42	2,13
4'		0,59	0,75	1,01	1,48	2,21
5'		0,56	0,76	1,03	1,49	2,22

Entwicklertemperatur 22 °C:

t = Entwicklungszeit, d = Dicke des Kupfers in mm

	d	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
t						
1'		0,53	0,68	0,92	1,34	1,89
2'		0,57	0,76	0,99	1,45	2,21
3'		0,59	0,78	1,08	1,52	2,24
4'		0,62	0,80	1,11	1,56	2,34
5'		0,65	0,83	1,13	1,59	2,40

Entwicklertemperatur 24 °C:

t = Entwicklungszeit, d = Dicke des Kupfers in mm

	d	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
t						
1'		0,56	0,74	0,99	1,39	1,99
2'		0,59	0,77	1,04	1,54	2,31
3'		0,62	0,80	1,09	1,57	2,33
4'		0,65	0,83	1,10	1,60	2,40
5'		0,67	0,86	1,19	1,67	2,48

Entwicklertemperatur 26 °C:

t = Entwicklungszeit, d = Dicke des Kupfers in mm

t	d	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
1'		0,63	0,81	1,07	1,50	2,17
2'		0,62	0,83	1,08	1,52	2,26
3'		0,69	0,92	1,27	1,63	2,41
4'		0,76	0,98	1,30	1,81	2,59
5'		0,79	0,99	1,32	1,83	2,65

Entwicklertemperatur 28 °C:

t = Entwicklungszeit, d = Dicke des Kupfers in mm

t	d	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
1'		0,61	0,78	1,09	1,58	2,37
2'		0,67	0,86	1,15	1,68	2,42
3'		0,80	1,03	1,35	1,84	2,62
4'		0,94	1,25	1,60	2,13	2,83
5'		1,18	1,46	1,81	2,38	3,06

Entwicklertemperatur 30 °C:

t = Entwicklungszeit, d = Dicke des Kupfers in mm

t	d	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
30"		0,59	0,74	0,94	1,21	1,57
1'		0,65	0,85	1,14	1,65	2,40
2'		0,82	1,02	1,36	1,90	2,67
3'		1,18	1,56	1,74	2,28	3,07
4'		1,66	2,07	2,36	2,92	3,66
5'		2,03	2,53	3,04	3,49	4,15

b) Filmempfindlichkeit in Abhängigkeit von Entwicklungszeit und Entwicklertemperatur beim Kodak Ektaspeed:

Filmempfindlichkeit (=Filmdosis, die für die Schwärzung $D = 1$ benötigt wurde, in mR) bei variabler Entwicklertemperatur T und Entwicklungszeit t :

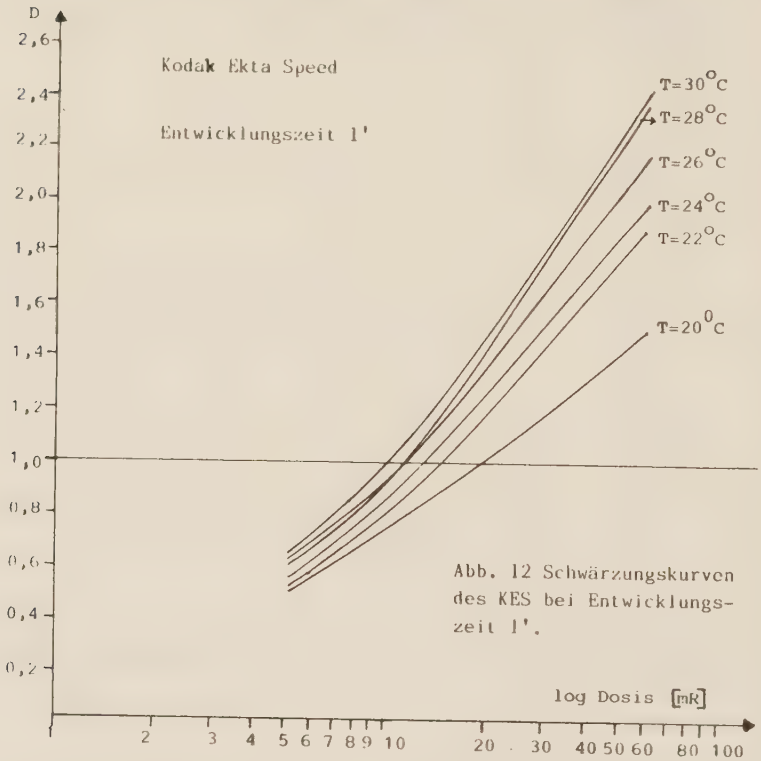
$\begin{array}{c} \diagdown \\ t \end{array} \quad T$	30"	1'	2'	3'	4'	5'
20 °C		18	14	13	12,6	12
22 °C		14	13	11	10,7	10,2
24 °C		12,5	11,5	10,5	10,2	10
26 °C		11,2	10,5	8,8	7,8	7,5
28 °C		11	10	7,2	5	3,6
30 °C	14,5	10	7,4	3,6	ca.1,8	ca.1,5

Mit zunehmender Entwicklungszeit bzw. steigender Entwicklertemperatur genügen geringere Filmdosen, um Schwärzung $D = 1$ zu erzielen.

Da die Entwicklungszeit aus ergonomischen Gründen in der zahnärztlichen Praxis möglichst niedrig gehalten werden sollte, kommt vor allem die Erhöhung der Entwicklertemperatur zur Reduzierung von Film- und Patientendosis in Betracht.

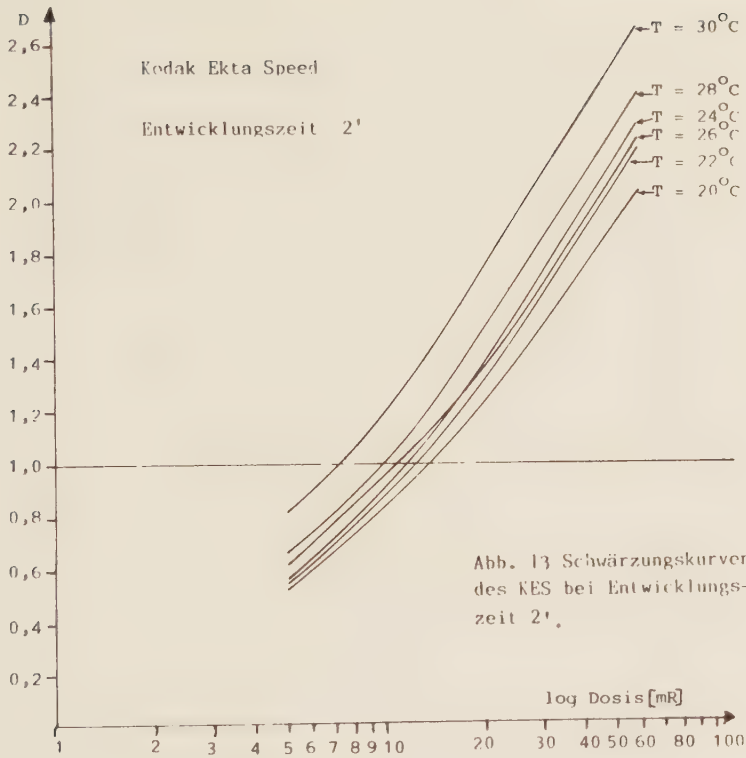
Bei einer Entwicklungszeit von 1 Minute zeigte es sich, daß bei Steigerung der Entwicklertemperatur von 20 °C auf 30 °C statt 18 mR nur 10 mR benötigt wurden, um Schwärzung $D = 1$ zu erreichen.

c) Schwärzungskurven des Kodak Ekta Speed sowie Vergleich von Schwärzungen bei bestimmter Filmdosis in Abhängigkeit von Entwicklungszeit und Entwicklertemperatur.



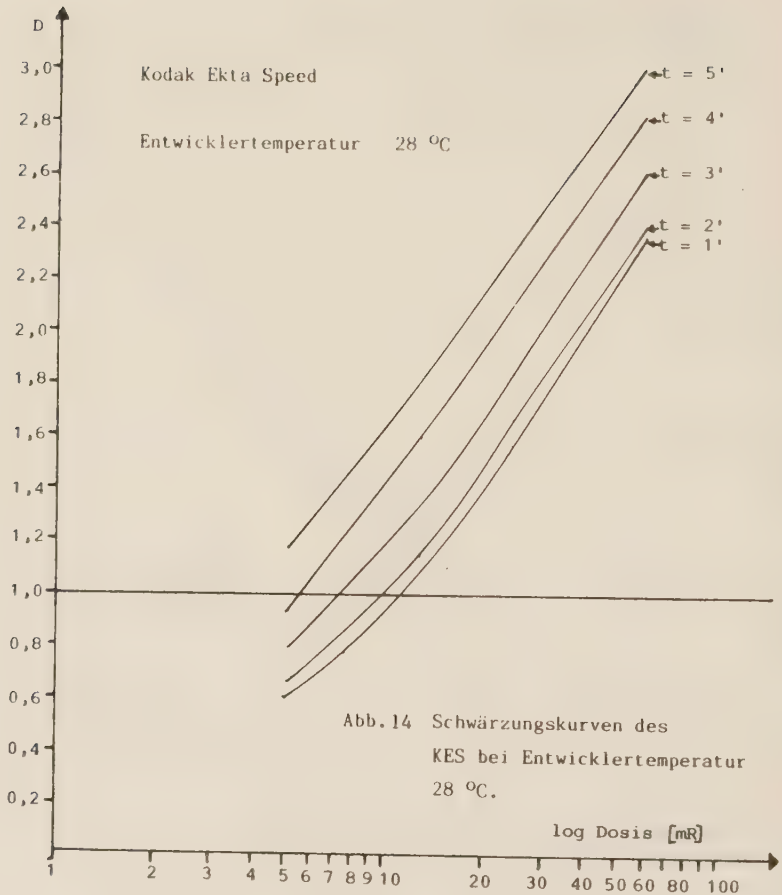
Schwärzungen des KES bei Filmdosis 12,69 mR und 1' Entwicklungszeit:

Temp. T in °C	Schwärzung D	ΔD	Zunahme der Schwärzung
20	0,85		
22	0,92	= 0,07	8%
24	0,99	= 0,07	7,6%
26	1,07	= 0,08	8,1%
28	1,09	= 0,02	1,9%
30	1,14	= 0,05	4,6%

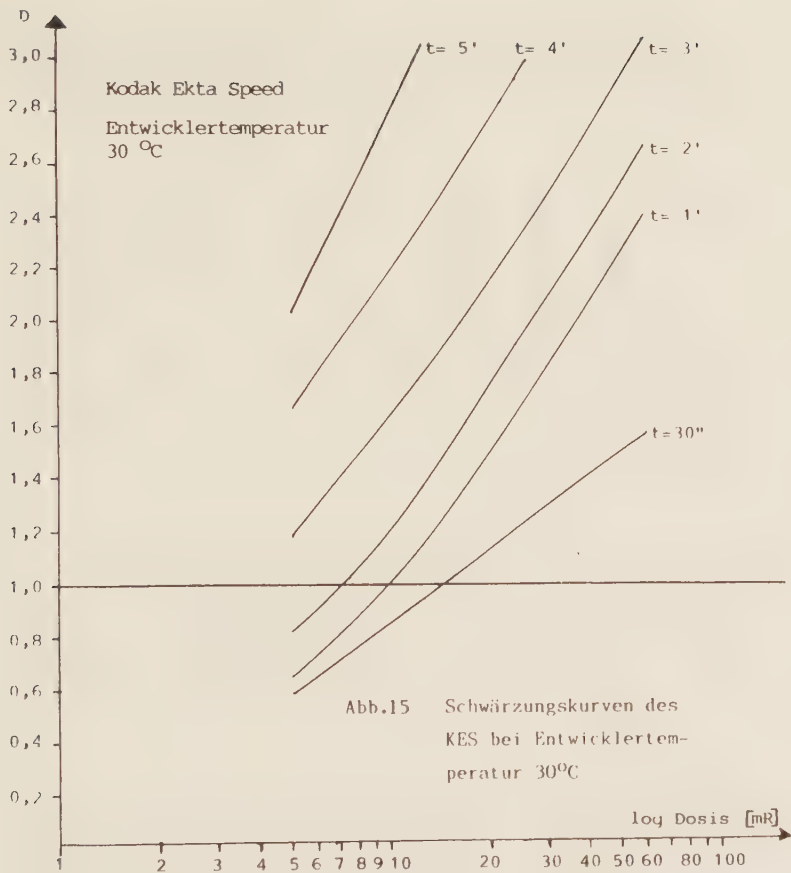


Schwärzungen des KES bei Filmdosis 12,69 mR und 2' Entwicklungszeit:

Temp. T in °C	Schwärzung D	ΔD	Zunahme der Schwärzung
20	0,96	= 0,03	3,1 %
22	0,99	= 0,05	5,1 %
24	1,04	= 0,04	3,8 %
26	1,08	= 0,07	6,5 %
28	1,15	= 0,21	18,3 %
30	1,36		



Schwärzungen des KES bei Filmdosis 12,69 mR und 28 °C Entwickler- temperatur	Zeit t	Schwärzung D	ΔD	Zunahme der Schwärzung
	1'	1,09	= 0,06	5,5 %
	2'	1,15	= 0,20	17,4 %
	3'	1,35	= 0,25	18,5 %
	4'	1,60	= 0,21	13,1 %
	5'	1,81		



	Zeit t	Schwärzung D	ΔD	Zunahme der Schwärzung
Schwärzungen des KES bei Filmdosis 12,69 mR und 30 °C Entwickler- temperatur	30"	0,94	= 0,20	21,3 %
	1'	1,14	= 0,22	19,3 %
	2'	1,36	= 0,38	27,9 %
	3'	1,74	= 0,72	41,4 %
	4'	2,36	= 0,68	28,8 %
	5'	3,04		

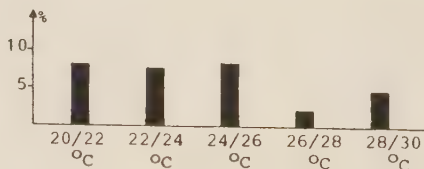
Die Schwärzungskurven des Kodak Ekta Speed bei höherer Entwickler-temperatur verlaufen parallel zu denen bei niedrigerer Entwickler-temperatur. Gleiches gilt für die Schwärzungskurven bei variabler Entwicklungszeit.

Bei der konstanten Filmdosis von 12,69 mR konnte man folgendes feststellen:

Bei 1 Minute Entwicklungszeit und variabler Entwicklertemperatur nahm die Schwärzung bei Erhöhung der Entwicklertemperatur von 24 °C auf 26 °C prozentual am stärksten zu (8,1 %), wogegen sich beim Sprung von 26 °C auf 28 °C der geringste prozentuale Schwärzungsanstieg (1,9 %) zeigte.

Abb. 16

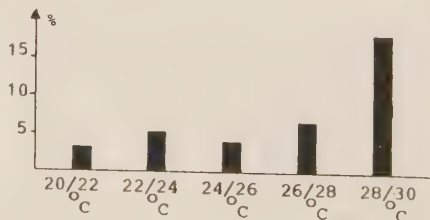
Prozentuale Schwärzungszunahme beim KES bei 1 Minute Entwicklungszeit



Bei 2 Minuten Entwicklungszeit hingegen nahm die Schwärzung beim Sprung von 28 °C auf 30 °C Entwicklertemperatur mit großem Abstand am stärksten zu, nämlich um 18,3 %.

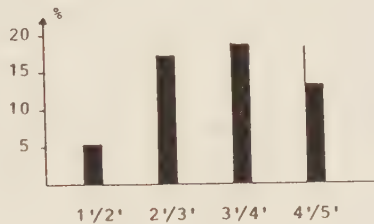
Abb. 17

Prozentuale Schwärzungszunahme beim KES bei 2 Minuten Entwicklungszeit



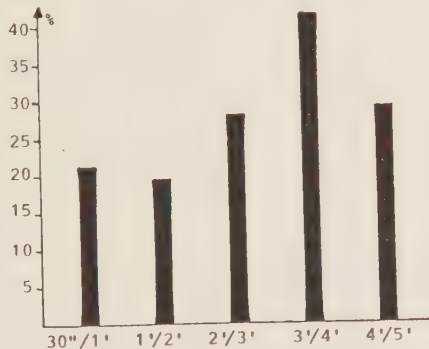
Bei den Versuchen mit 28 °C Entwicklertemperatur und variabler Entwicklungszeit war die prozentuale Zunahme der Schwärzung beim Sprung von 3 auf 4 Minuten Entwicklungszeit mit 18,5 % am größten.

Abb. 18
Prozentuale Schwärzungszunahme beim KES bei 28 °C Entwickler-temperatur



Bei 30 °C Entwicklertemperatur ergab ebenfalls der Sprung von 3 auf 4 Minuten Entwicklungszeit den höchsten prozentualen Schwärzungsanstieg, nämlich 41,4 %.

Abb. 19
Prozentuale Schwärzungszunahme beim KES bei 30 °C Entwickler-temperatur



6. 3. 3 Untersuchung des Kodak Ultra Speed (KUS):

a) Schwärzungswerte bei variabler Entwicklungszeit und Entwicklertemperatur:

Entwicklertemperatur 20 °C:

t = Entwicklungszeit, d = Dicke des Kupfers in mm

t	d	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
1'		0,32	0,40	0,51	0,72	1,10
2'		0,34	0,44	0,57	0,82	1,24
3'		0,36	0,46	0,59	0,83	1,30
4'		0,38	0,48	0,61	0,87	1,33
5'		0,38	0,49	0,63	0,92	1,46

Entwicklertemperatur 22 °C:

t = Entwicklungszeit, d = Dicke des Kupfers in mm

t	d	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
1'		0,34	0,41	0,55	0,77	1,19
2'		0,35	0,44	0,60	0,84	1,31
3'		0,39	0,48	0,64	0,92	1,40
4'		0,40	0,50	0,66	0,96	1,43
5'		0,41	0,51	0,68	0,99	1,48

Entwicklertemperatur 24 °C:

t = Entwicklungszeit, d = Dicke des Kupfers in mm

t	d	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
1'		0,33	0,42	0,56	0,80	1,27
2'		0,36	0,46	0,61	0,89	1,39
3'		0,38	0,48	0,64	0,93	1,42
4'		0,41	0,50	0,67	0,98	1,53
5'		0,42	0,53	0,70	1,01	1,61

Entwicklertemperatur 26 °C:

t = Entwicklungszeit, d = Dicke des Kupfers in mm

t	d	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
1'		0,41	0,50	0,66	0,96	1,43
2'		0,42	0,52	0,70	0,97	1,56
3'		0,43	0,56	0,76	1,12	1,66
4'		0,45	0,58	0,80	1,19	1,70
5'		0,47	0,60	0,81	1,25	1,79

Entwicklertemperatur 28 °C:

t = Entwicklungszeit, d = Dicke des Kupfers in mm

t	d	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
1'		0,39	0,50	0,66	0,95	1,47
2'		0,42	0,54	0,73	1,05	1,61
3'		0,45	0,58	0,78	1,13	1,70
4'		0,51	0,67	0,87	1,27	1,87
5'		0,59	0,78	1,03	1,46	2,13

Entwicklertemperatur 30 °C:

t = Entwicklungszeit, d = Dicke des Kupfers in mm

t	d	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
30"		0,40	0,50	0,66	0,93	1,36
1'		0,42	0,53	0,70	0,97	1,50
2'		0,47	0,60	0,86	1,18	1,79
3'		0,50	0,67	0,97	1,42	2,39
4'		0,85	0,98	1,27	1,98	2,60
5'		0,96	1,33	1,57	2,08	2,88

b) Filmempfindlichkeit in Abhängigkeit von Entwicklungszeit und Entwicklertemperatur beim Kodak Ultra Speed:

Filmempfindlichkeit (= Filmdosis, die für die Schwärzung $D = 1$ benötigt wurde, in mR) bei variabler Entwicklertemperatur T und Entwicklungszeit t :

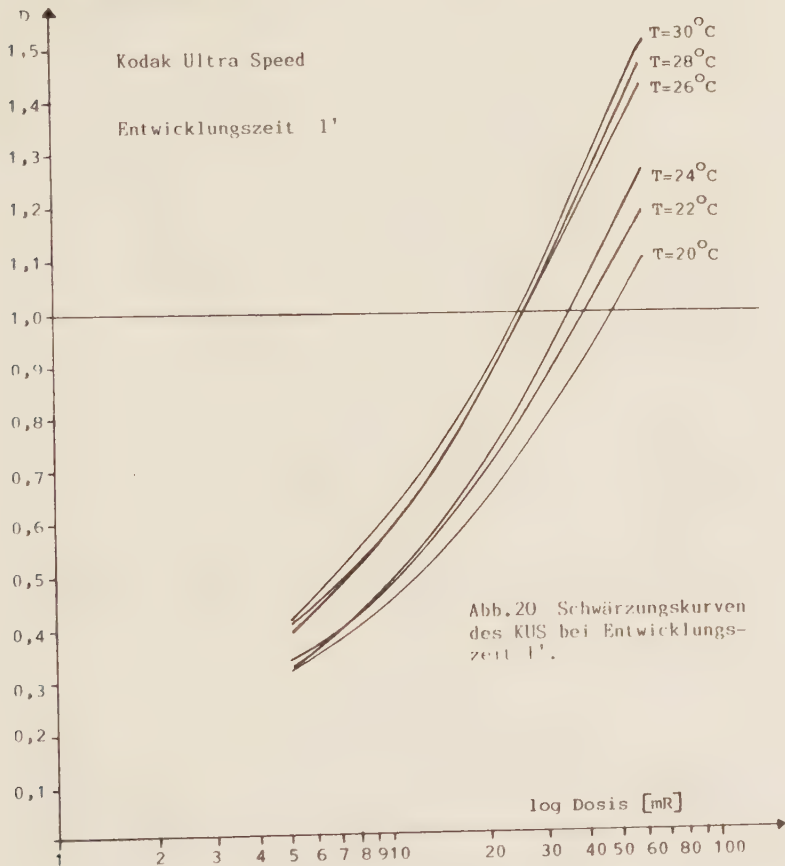
$T \backslash t$	30"	1'	2'	3'	4'	5'
20 °C		49	36	34	32	30
22 °C		41	33	29	26	25
24 °C		36	29	28	25	24
26 °C		27	26	19,5	18	17
28 °C		26,5	22	19	16	12
30 °C	28	26	17	13	8	5,4

Wie erwartet, nehmen die für Schwärzung $D = 1$ notwendigen Filmdosen bei steigender Entwicklungszeit bzw. Entwicklertemperatur ab.

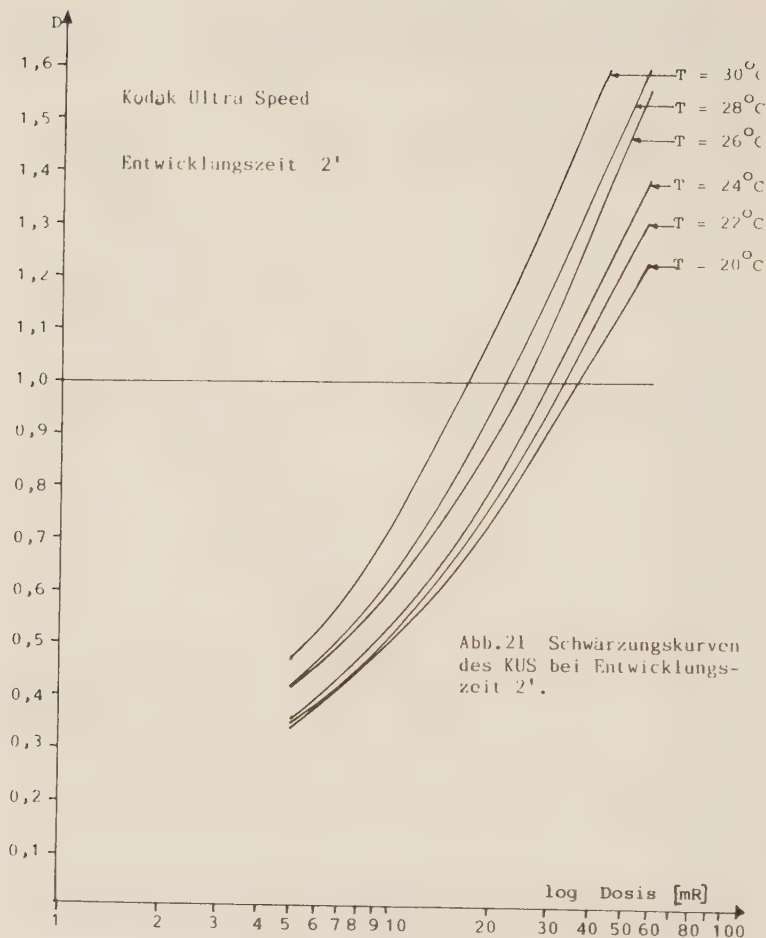
Die Verringerung der Filmdosen ist relativ am größten bei Erhöhung der Entwicklungszeit von 1' auf 2' bei konstanter Entwicklertemperatur sowie bei Erhöhung der Entwicklertemperatur von 24 °C auf 26 °C bei konstanter Entwicklungszeit.

Bei 1' Entwicklungszeit braucht man bei 20 °C Entwicklertemperatur 49 mR für Schwärzung $D = 1$, während bei 30 °C Entwicklertemperatur nur 26 mR für Schwärzung $D = 1$ nötig sind.

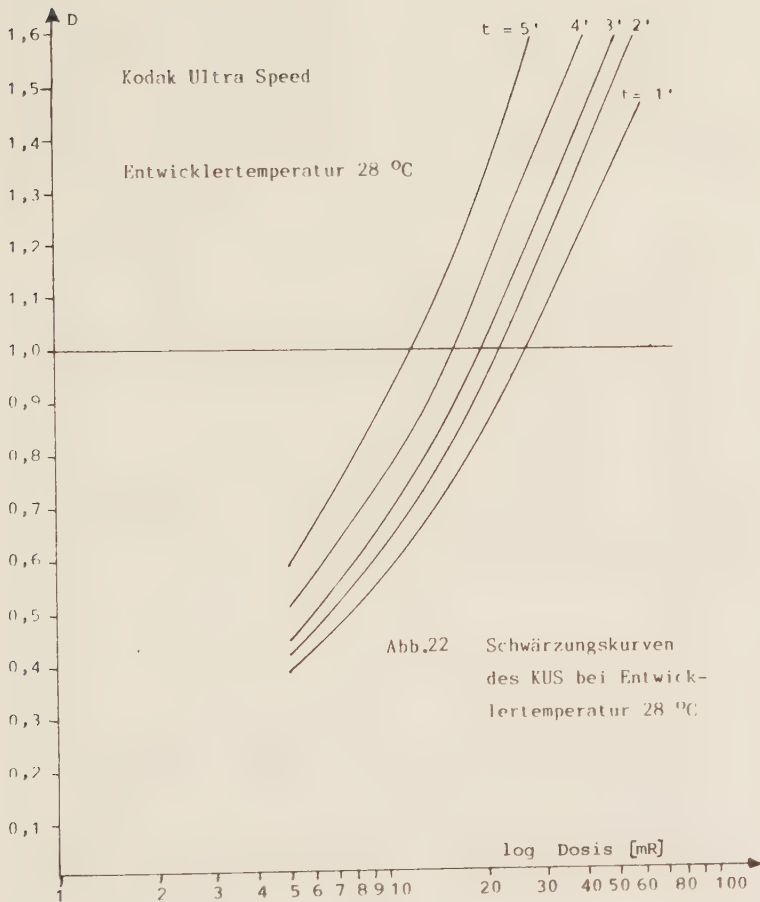
c) Schwärzungskurven des Kodak Ultra Speed sowie Vergleich von Schwärzungen bei bestimmter Filmdosis in Abhängigkeit von Entwicklungszeit und Entwicklertemperatur.



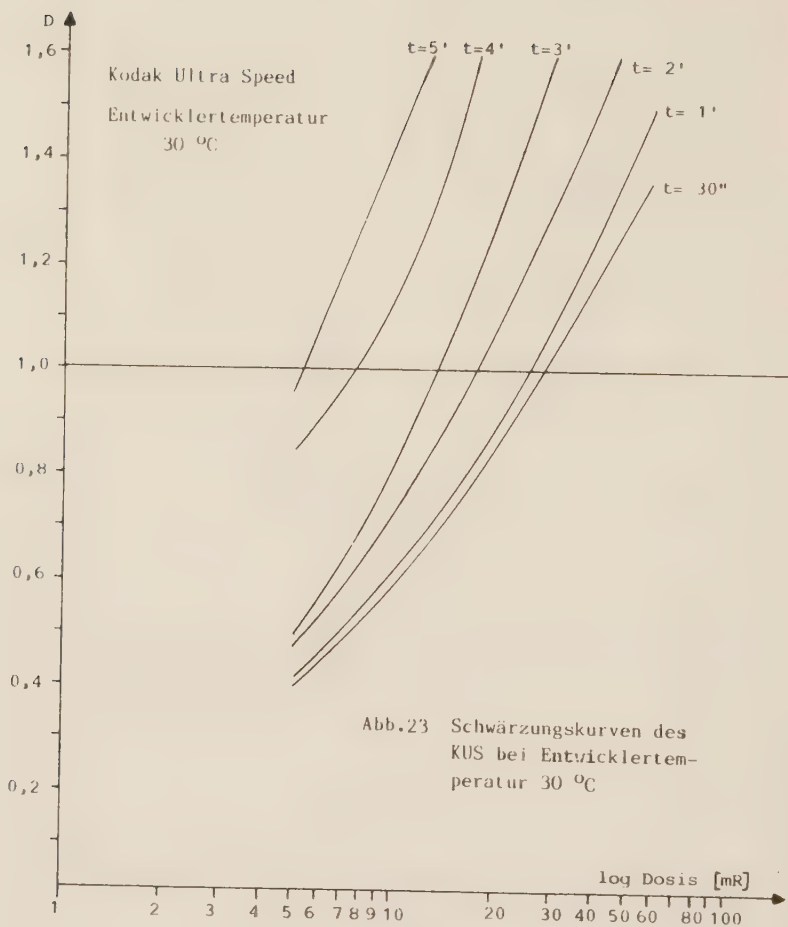
	Temp. T in $^{\circ}\text{C}$	Schwärzung D	ΔD	Zunahme der Schwärzung
Schwärzungen des KUS bei Filmdosis 12,69 mR und 1' Entwicklungszeit	20	0,51	= 0,04	7,8 %
	22	0,55	= 0,01	1,8 %
	24	0,56	= 0,10	17,9 %
	26	0,66	= 0	-
	28	0,66	= 0,04	6,1 %
	30	0,70		



	Temp. T in $^{\circ}\text{C}$	Schwärzung D	ΔD	Zunahme der Schwärzung
Schwärzungen des KUS bei Filmdosis 12,69 mR und 2' Entwicklungszeit.	20	0,57		
	22	0,60	= 0,03	5,3 %
	24	0,61	= 0,01	1,7 %
	26	0,70	= 0,09	14,8 %
	28	0,73	= 0,03	4,3 %
	30	0,86	= 0,13	17,8 %



	Zeit t	Schwärzung D	ΔD	Zunahme der Schwärzung
Schwärzungen des KUS bei Filmdosis 12,69 mR und 28 °C Entwickler- temperatur	1'	0,66	= 0,07	10,6 %
	2'	0,73	= 0,05	6,8 %
	3'	0,78	= 0,09	11,5 %
	4'	0,87	= 0,16	18,4 %
	5'	1,03		



Schwärzungen des KUS
bei Filmdosis 12,69 mR
und 30 °C Entwickler-
temperatur

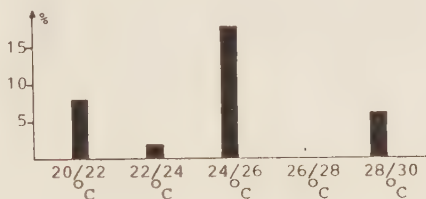
Zeit t	Schwärzung D	ΔD	Zunahme der Schwärzung
30"	0,66		
1'	0,70	= 0,04	6,1 %
2'	0,86	= 0,16	22,9 %
3'	0,97	= 0,13	15,1 %
4'	1,27	= 0,30	30,9 %
5'	1,57	= 0,30	23,6 %

Auch beim Kodak Ultra Speed ergaben sich bei den variablen Parametern Entwicklungszeit und Entwicklertemperatur annähernd parallele Kurven.

Bei der konstanten Filmdosis von 12,69 mR zeigte sich folgendes:

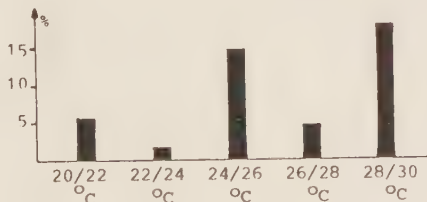
Bei 1 Minute Entwicklungszeit und variabler Entwicklertemperatur nahm die Schwärzung beim Sprung von 24 °C auf 26 °C Entwicklertemperatur prozentual am stärksten zu (17,9 %).

Abb. 24
Prozentuale Schwärzungszunahme beim KUS
bei 1 Minute Entwicklungszeit



Bei 2 Minuten Entwicklungszeit stieg die Schwärzung ebenfalls beim Sprung von 24 °C auf 26 °C (14,8 %) sowie beim Sprung von 28 °C auf 30 °C Entwicklertemperatur (17,8 %) am größten an.

Abb. 25
Prozentuale Schwärzungszunahme beim KUS
bei 2 Minuten Entwicklungszeit



Bei 28 °C Entwicklertemperatur und variabler Entwicklungszeit brachte der Sprung von 4 auf 5 Minuten Entwicklungszeit die größte Schwärzungszunahme (18,4 %), wogegen bei 30 °C Entwicklertemperatur die Schwärzung bei Verlängerung der Entwicklungszeit von 3 auf 4 Minuten prozentual am höchsten anstieg (30,9 %).

Abb. 26

Prozentuale Schwärzungszunahme beim KUS bei 28 °C Entwicklertemperatur

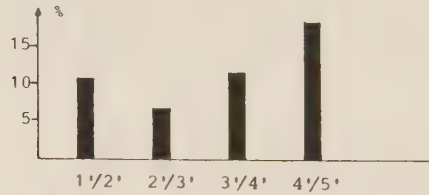
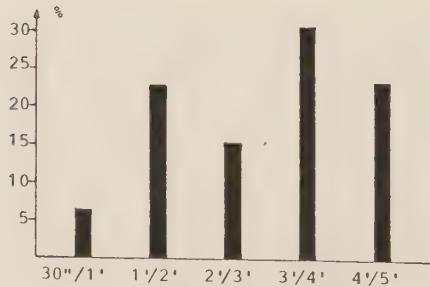


Abb. 27

Prozentuale Schwärzungszunahme beim KUS bei 30 °C Entwicklertemperatur



6. 3. 4 Untersuchung des Agfa Dentus (AD):

a) Schwärzungswerte bei variabler Entwicklungszeit und Entwicklertemperatur:

Entwicklertemperatur 20 °C:

t = Entwicklungszeit, d = Dicke des Kupfers in mm

	d	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
t						
1'		0,31	0,40	0,55	0,82	1,32
2'		0,34	0,44	0,61	0,90	1,41
3'		0,37	0,47	0,63	0,92	1,45
4'		0,38	0,48	0,64	0,94	1,54
5'		0,38	0,49	0,67	0,98	1,56

Entwicklertemperatur 22 °C:

t = Entwicklungszeit, d = Dicke des Kupfers in mm

	d	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
t						
1'		0,36	0,45	0,62	0,89	1,42
2'		0,38	0,49	0,68	1,01	1,55
3'		0,40	0,51	0,68	1,01	1,56
4'		0,41	0,52	0,71	1,03	1,64
5'		0,41	0,53	0,72	1,05	1,65

Entwicklertemperatur 24 °C:

t = Entwicklungszeit, d = Dicke des Kupfers in mm

	d	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
t						
1'		0,36	0,45	0,62	0,93	1,53
2'		0,38	0,48	0,66	0,98	1,59
3'		0,39	0,51	0,72	1,02	1,63
4'		0,41	0,53	0,73	1,05	1,69
5'		0,42	0,54	0,74	1,09	1,69

Entwicklertemperatur 26 °C:

t = Entwicklungszeit, d = Dicke des Kupfers in mm

t	d	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
1'		0,40	0,50	0,69	1,01	1,55
2'		0,42	0,55	0,76	1,12	1,65
3'		0,45	0,58	0,79	1,17	1,79
4'		0,46	0,59	0,80	1,22	1,98
5'		0,46	0,60	0,84	1,22	2,00

Entwicklertemperatur 28 °C:

t = Entwicklungszeit, d = Dicke des Kupfers in mm

t	d	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
1'		0,40	0,50	0,69	1,04	1,70
2'		0,45	0,57	0,78	1,18	1,75
3'		0,47	0,60	0,82	1,21	1,80
4'		0,47	0,63	0,87	1,32	2,03
5'		0,54	0,68	0,93	1,34	2,07

Entwicklertemperatur 30 °C:

t = Entwicklungszeit, d = Dicke des Kupfers in mm

t	d	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
30"		0,40	0,52	0,73	1,07	1,65
1'		0,41	0,54	0,76	1,14	1,86
2'		0,46	0,59	0,82	1,21	2,09
3'		0,55	0,65	0,88	1,29	2,03
4'		0,59	0,75	0,99	1,46	2,15
5'		0,65	0,82	1,06	1,51	2,26

- b) Filmempfindlichkeit in Abhängigkeit von Entwicklungszeit und Entwicklertemperatur beim Agfa Dentus:

Filmempfindlichkeit (= Filmdosis, die für die Schwärzung $D = 1$ benötigt wurde, in mR) bei variabler Entwicklertemperatur T und Entwicklungszeit t :

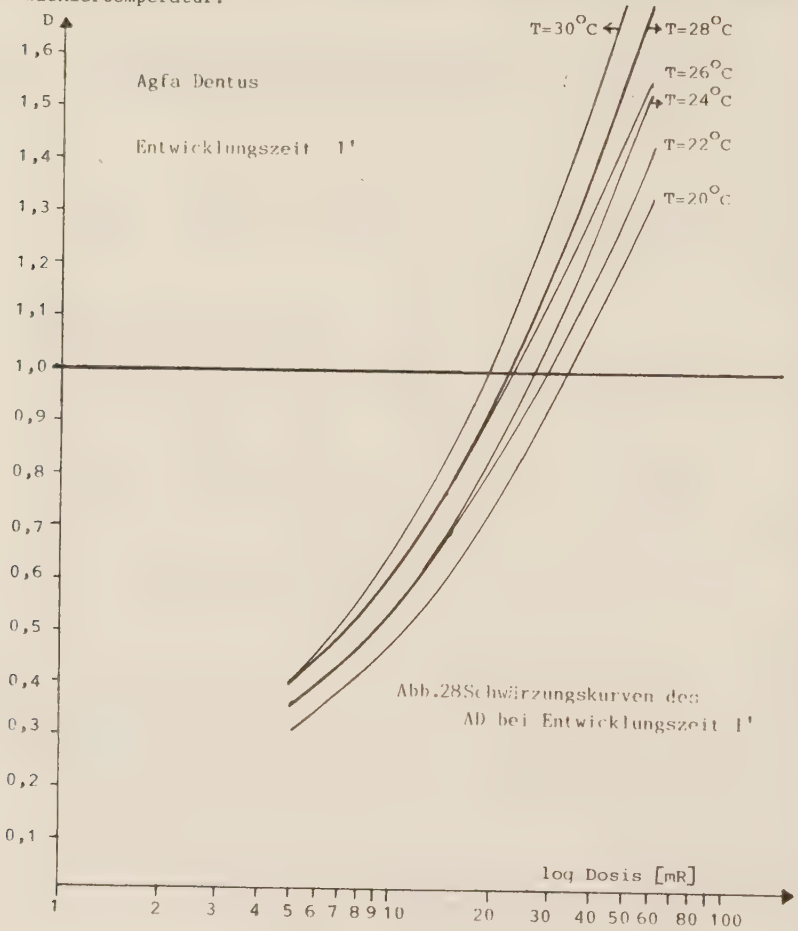
$T \backslash t$	30"	1'	2'	3'	4'	5'
20 °C		35	29	28	27	25
22 °C		30	25	24	23	22
24 °C		27,5	24	23,5	22	20,5
26 °C		24	20	19	18	17
28 °C		23	18,5	18	16	14
30 °C	21,5	19,5	17	16	13	11

Die für Schwärzung $D = 1$ notwendigen Filmdosen sinken mit steigender Entwicklertemperatur bzw. Entwicklungszeit.

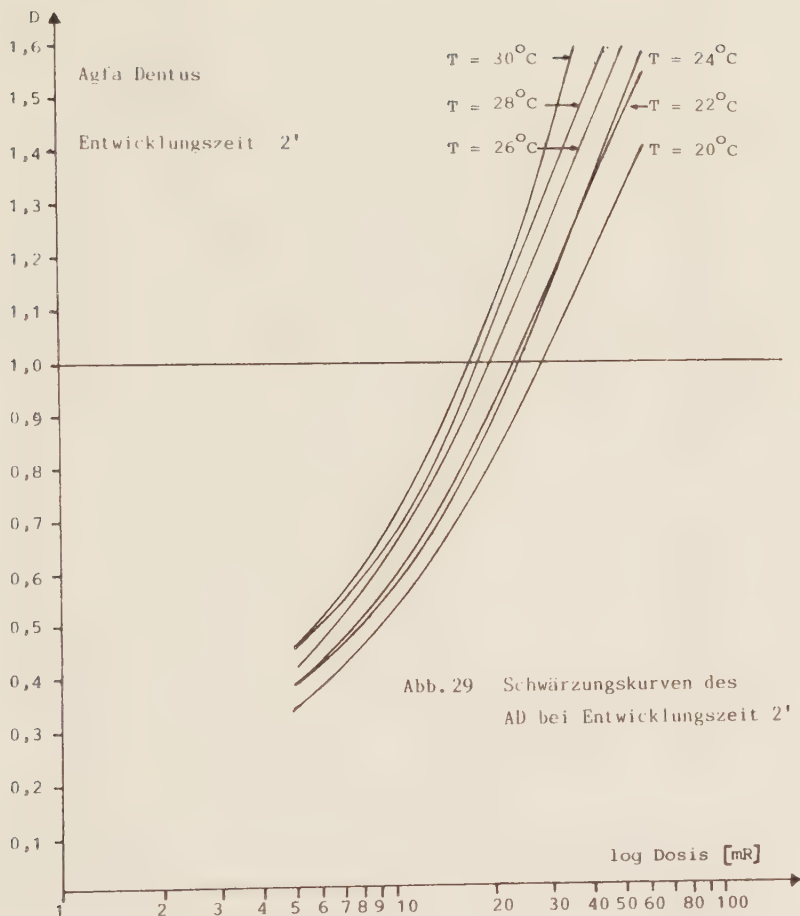
Auch hier reduzierte sich die für Schwärzung $D = 1$ notwendige Filmdosis relativ am meisten bei Steigerung der Entwicklungszeit von 1' auf 2' bei konstanter Entwicklertemperatur sowie bei Erhöhung der Entwicklertemperatur von 24 °C auf 26 °C bei konstanter Entwicklungszeit.

Bei einer Entwicklungszeit von 1' verringerte sich die für $D = 1$ nötige Filmdosis bei Erhöhung der Entwicklertemperatur von 20 °C auf 30 °C von 35 mR auf 19,5 mR.

c) Schwärzungskurven des Agfa Dentus sowie Vergleich von Schwärzungen bei bestimmter Filmdosis in Abhängigkeit von Entwicklungszeit und Entwicklungstemperatur:

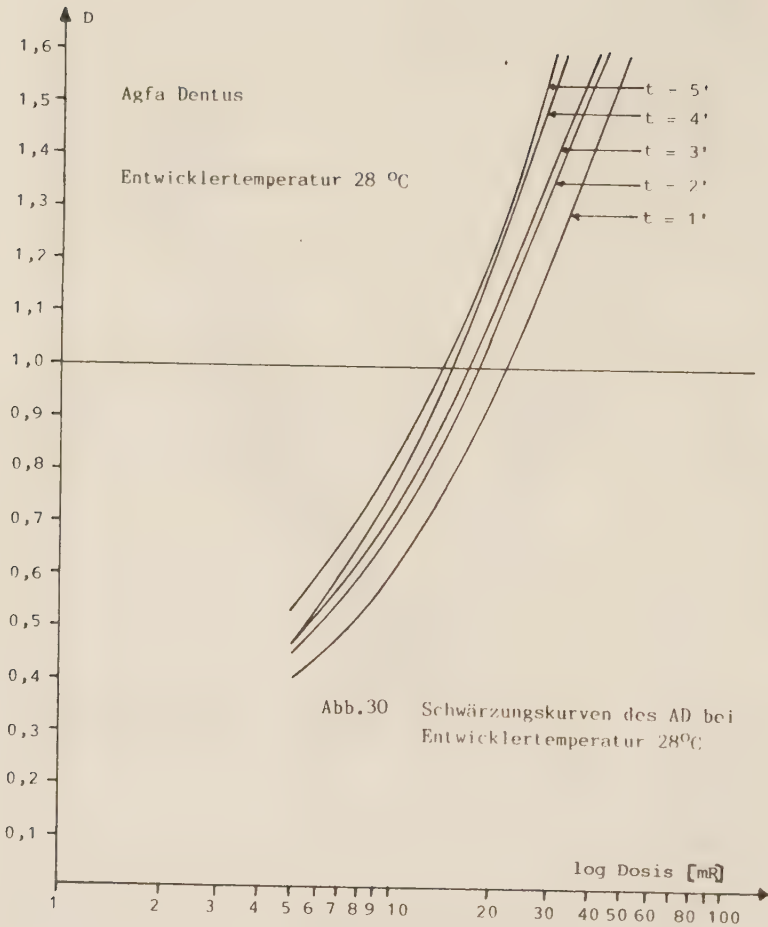


	Temp. T in $^{\circ}\text{C}$	Schwärzung D	ΔD	Zunahme der Schwärzung
Schwärzungen des AD bei Filmdosis 12,69 mR und 1' Entwicklungszeit	20	0,55	= 0,07	12,7 %
	22	0,62	= 0	-
	24	0,62	= 0,07	11,3 %
	26	0,69	= 0	-
	28	0,69	= 0,07	10,1 %
	30	0,76		



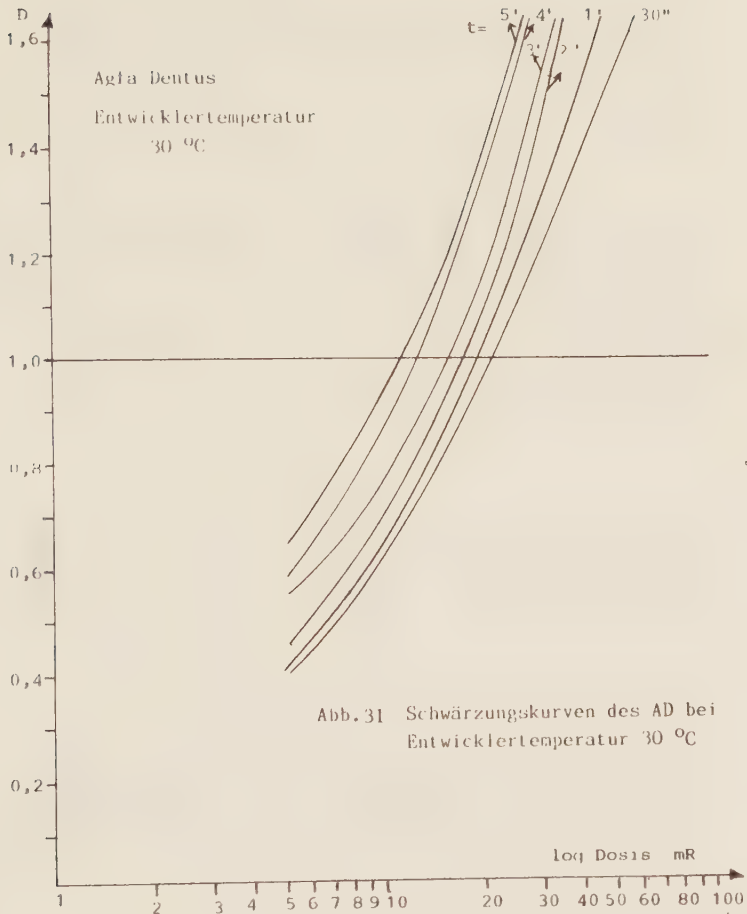
Schwärzungen des
AD bei Filmdosis
12,69 mR und 2'
Entwicklungszeit

Temp. T in $^{\circ}\text{C}$	Schwärzung D	ΔD	Zunahme der Schwärzung
20	0,61	= 0,07	11,5 %
22	0,68	= 0,02	2,9 %
24	0,70	= 0,06	8,6 %
26	0,76	= 0,02	2,6 %
28	0,78	= 0,04	5,1 %
30	0,82		



Schwärzungen des AD
bei Filmdosis 12,69 mR
und 28 °C Entwickler-
temperatur

Zeit t	Schwärzung D	ΔD	Zunahme der Schwärzung
1'	0,69		
2'	0,78	= 0,09	13 %
3'	0,82	= 0,04	5,1 %
4'	0,87	= 0,05	6,1 %
5'	0,93	= 0,06	6,9 %



Schwärzungen des AD
bei Filmdosis 12,69 mR
und 30 °C Entwickler-
temperatur

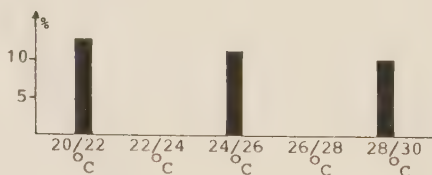
Zeit t	Schwärzung D	ΔD	Zunahme der Schwärzung
30"	0,73	= 0,03	4,1 %
1'	0,76	= 0,06	7,9 %
2'	0,82	= 0,06	7,3 %
3'	0,88	= 0,11	12,5 %
4'	0,99	= 0,07	7,1 %
5'	1,06		

Die Schwärzungskurven des Agfa Dentus bei variabler Entwickler-temperatur und Entwicklungszeit zeigen annähernd parallelen Verlauf.

Bei der konstanten Filmdosis von 12,69 mR stellte sich bei den Versuchen folgendes heraus:

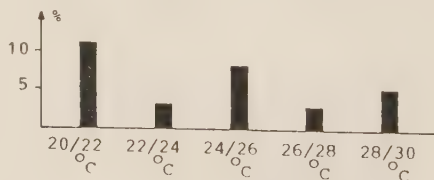
Bei 1 Minute Entwicklungszeit und variabler Entwicklertemperatur nahm die Schwärzung bei den Sprüngen von 20 °C auf 22 °C, von 24 °C auf 26 °C und von 28 °C auf 30 °C prozentual ungefähr gleich zu (ca. 11 %), wogegen sich bei den Sprüngen von 22 °C auf 24 °C sowie von 26 °C auf 28 °C Entwicklertemperatur keine Steigerung der Schwärzung zeigte.

Abb. 32
Prozentuale Schwär-
zungszunahme beim AD
bei 1 Minute Entwick-
lungszeit



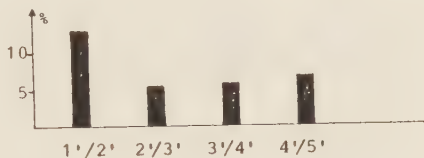
Bei 2 Minuten Entwicklungszeit nahm die Schwärzung beim Sprung von 20 °C auf 22 °C Entwicklertemperatur am höchsten zu (11,5 %).

Abb. 33
Prozentuale Schwär-
zungszunahme beim AD
bei 2 Minuten Entwick-
lungszeit



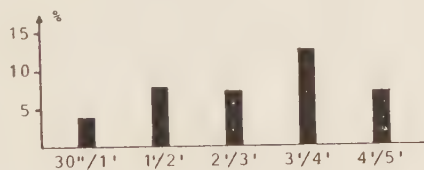
Bei 28 °C Entwicklertemperatur und variabler Entwicklungszeit zeigte sich bei Verlängerung der Entwicklungszeit von 1 Minute auf 2 Minuten die bei weitem größte prozentuale Schwärzungssteigerung (13 %).

Abb. 34
Prozentuale Schwärzungs-
zunahme beim AD
bei 28 °C Entwicklertem-
peratur



Bei einer Entwicklertemperatur von 30 °C hingegen brachte eine Erhöhung der Entwicklungszeit von 3 auf 4 Minuten mit 12,5 % das Optimum der Schwärzungszunahme.

Abb. 35
Prozentuale Schwär-
zungszunahme beim AD
bei 30 °C Entwicklertem-
peratur



6. 3. 5 Untersuchung des Dupont Super Dozahn (DSD):

a) Schwärzungswerte bei variabler Entwicklungszeit und Entwicklertemperatur:

Entwicklertemperatur 20 °C:

t = Entwicklungszeit, d = Dicke des Kupfers in mm

t	d	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
1'		0,19	0,22	0,27	0,36	0,51
2'		0,20	0,24	0,30	0,41	0,64
3'		0,22	0,26	0,33	0,44	0,68
4'		0,22	0,27	0,34	0,47	0,73
5'		0,24	0,29	0,37	0,50	0,76

Entwicklertemperatur 22 °C:

t = Entwicklungszeit, d = Dicke des Kupfers in mm

t	d	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
1'		0,21	0,24	0,28	0,38	0,57
2'		0,23	0,27	0,34	0,48	0,70
3'		0,23	0,29	0,37	0,49	0,75
4'		0,24	0,29	0,37	0,50	0,75
5'		0,25	0,30	0,38	0,52	0,81

Entwicklertemperatur 24 °C:

t = Entwicklungszeit, d = Dicke des Kupfers in mm

t	d	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
1'		0,21	0,25	0,32	0,43	0,66
2'		0,23	0,28	0,35	0,48	0,77
3'		0,25	0,30	0,37	0,50	0,76
4'		0,25	0,30	0,38	0,52	0,80
5'		0,26	0,32	0,40	0,55	0,86

Entwicklertemperatur 26 °C:

t = Entwicklungszeit, d = Dicke des Kupfers in mm

	d	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
t						
1'		0,22	0,26	0,32	0,44	0,66
2'		0,24	0,29	0,37	0,49	0,76
3'		0,25	0,30	0,39	0,53	0,81
4'		0,26	0,31	0,40	0,59	0,89
5'		0,26	0,32	0,40	0,57	0,86

Entwicklertemperatur 28 °C:

t = Entwicklungszeit, d = Dicke des Kupfers in mm

	d	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
t						
1'		0,24	0,28	0,34	0,48	0,69
2'		0,26	0,30	0,38	0,52	0,78
3'		0,28	0,33	0,42	0,56	0,85
4'		0,32	0,37	0,46	0,64	0,93
5'		0,34	0,42	0,52	0,72	0,99

Entwicklertemperatur 30 °C:

t = Entwicklungszeit, d = Dicke des Kupfers in mm

	d	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
t						
30"		0,21	0,24	0,30	0,40	0,60
1'		0,23	0,28	0,36	0,49	0,72
2'		0,28	0,32	0,40	0,56	0,86
3'		0,31	0,36	0,45	0,60	0,89
4'		0,34	0,45	0,57	0,80	1,15
5'		0,51	0,64	0,76	0,97	1,35

- b) Filmempfindlichkeit in Abhängigkeit von Entwicklungszeit und Entwicklertemperatur beim Dupont Super Dozahn:

Filmempfindlichkeit (= Filmdosis, die für die Schwärzung $D = 1$ benötigt wurde, in mR) bei variabler Entwicklertemperatur T und Entwicklungszeit t :

T \ t	30"	1'	2'	3'	4'	5'
20 °C		- ca.180	ca.175	ca.140	ca.130	
22 °C		- ca.145	ca.135	ca.100	88	
24 °C		- ca.130	ca.120	90	80	
26 °C		ca.185	ca.115	ca.100	82	78
28 °C		ca.180	ca.100	90	72	60
30 °C	ca.260	ca.150	88	80	44	26

Auch hier nimmt die für Schwärzung $D = 1$ notwendige Filmdosis mit steigender Entwicklertemperatur bzw. steigender Entwicklungszeit ab.

Da der Dupont Super Dozahn jedoch relativ unempfindlich im Vergleich zu den anderen untersuchten Zahnfilmen ist, verzichte ich hier mangels genauer quantitativer Daten auf weitere Vergleiche.

c) Schwärzungskurven des Dupont Super Dozahn sowie Vergleich von Schwärzungen bei bestimmter Filmdosis in Abhängigkeit von Entwicklungszeit und Entwicklertemperatur:

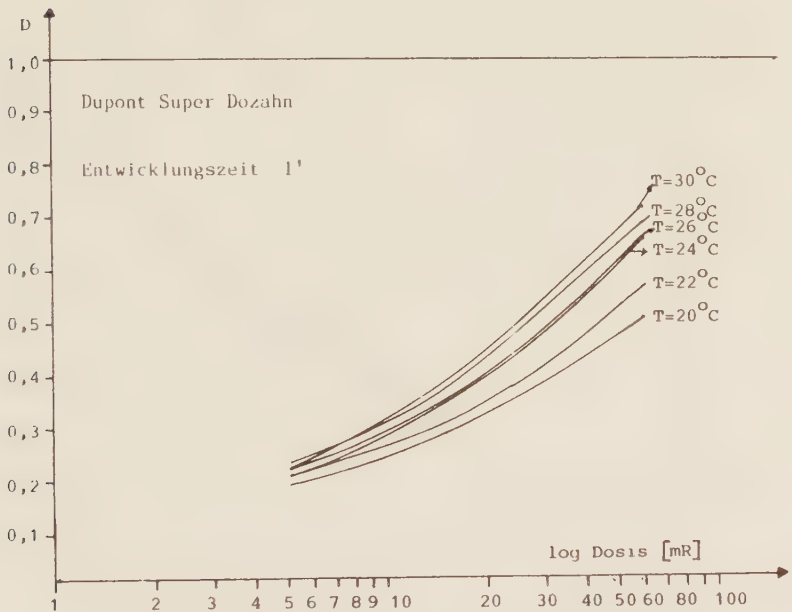


Abb. 36 Schwärzungskurven des DSD bei Entwicklungszeit 1'.

	Temp. T in $^{\circ}\text{C}$	Schwärzung D	ΔD	Zunahme der Schwärzung
Schwärzungen des DSD bei Filmdosis 12,69 mR und 1' Entwicklungszeit.	20	0,27	= 0,01	3,7 %
	22	0,28	= 0,04	14,3 %
	24	0,32	= 0	-
	26	0,32	= 0,02	6,3 %
	28	0,34	= 0,02	5,9 %
	30	0,36		

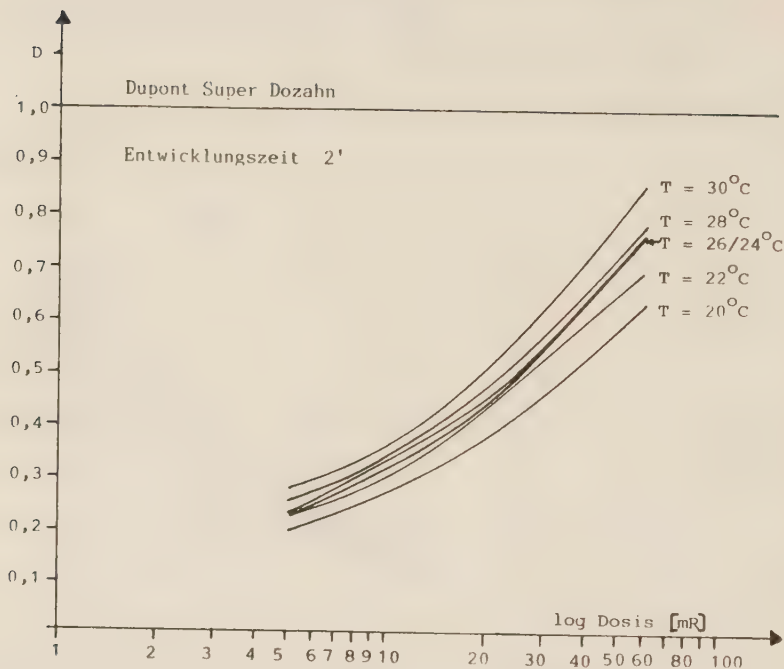


Abb.37 Schwärzungskurven des DSD bei Entwicklungszeit 2'.

Schwärzungen des DSD bei Filmdosis 12,69 mR und 2' Entwicklungs- zeit.	Temp.T in °C	Schwärzung	ΔD	Zunahme der Schwärzung
		D		
	20	0,30	= 0,04	13,3 %
	22	0,34	= 0,01	2,9 %
	24	0,35	= 0,02	5,7 %
	26	0,37	= 0,01	2,7 %
	28	0,38	= 0,02	5,3 %
	30	0,40		

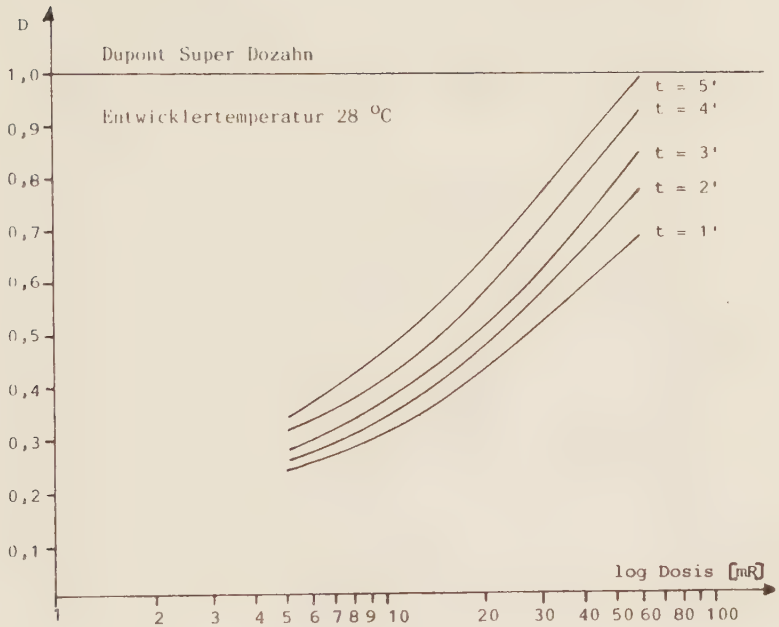
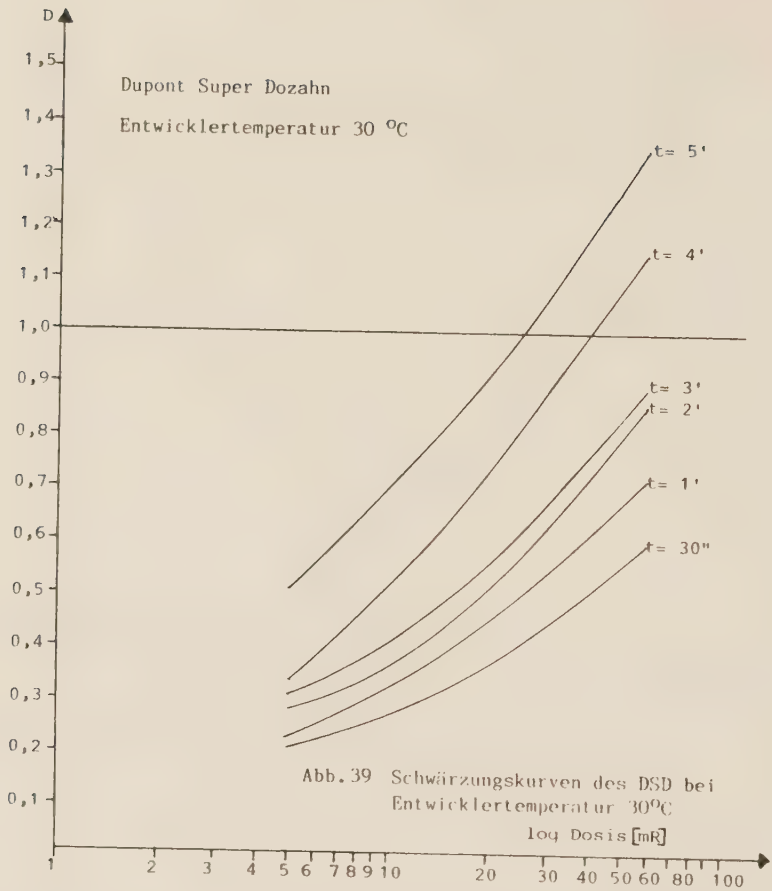


Abb.38 Schwärzungskurven des DSD bei Entwicklertemperatur 28 °C

Schwärzungen des DSD
bei Filmdosis 12,69 mR
und 28 °C Entwickler-
temperatur

Zeit t	Schwärzung D	ΔD	Zunahme der Schwärzung
1'	0,34	= 0,04	11,8 %
2'	0,38	= 0,04	10,5 %
3'	0,42	= 0,04	9,5 %
4'	0,46	= 0,06	13,0 %
5'	0,52		



Schwärzungen des DSD
bei Filmdosis 12,69 mR
und 30 °C Entwickler-
temperatur

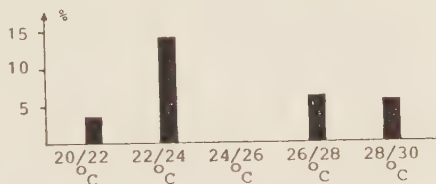
Zeit t	Schwärzung D	ΔD	Zunahme der Schwärzung
30"	0,30	= 0,06	20,0 %
1'	0,36	= 0,04	11,1 %
2'	0,40	= 0,05	12,5 %
3'	0,45	= 0,12	26,7 %
4'	0,57	= 0,19	33,3 %
5'	0,76		

Auch beim Dupont Super Dozahn führten variable Entwicklungszeiten bzw. Entwicklertemperaturen zu parallelen Schwärzungskurven.

Bei einer konstanten Filmdosis von 12,69 mR ergab sich folgendes:

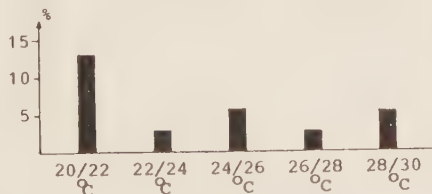
Bei 1 Minute Entwicklungszeit und variabler Entwicklertemperatur nahm die Schwärzung bei Erhöhung der Entwicklertemperatur von 22 °C auf 24 °C am stärksten zu, nämlich um 14,3 %.

Abb. 40
Prozentuale Schwärzungszunahme beim DSD bei 1 Minute Entwicklungszeit



Bei 2 Minuten Entwicklungszeit war der Schwärzungsanstieg beim Sprung von 20 °C auf 22 °C mit 13,3 % am größten.

Abb. 41
Prozentuale Schwärzungszunahme beim DSD bei 2 Minuten Entwicklungszeit



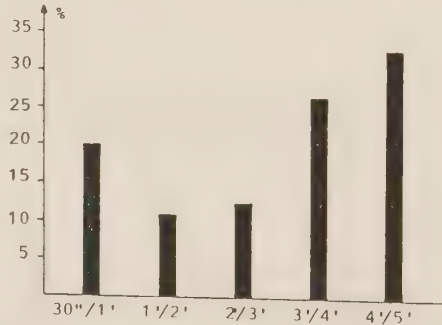
Bei 28 °C Entwicklertemperatur und variabler Entwicklungszeit nahm die Schwärzung beim Sprung von 4 auf 5 Minuten mit 13 % am größten zu.

Abb. 42
Prozentuale Schwärzungszunahme beim DSD bei 28 °C Entwicklertemperatur



Bei 30 °C Entwicklertemperatur ergab ebenfalls die Verlängerung der Entwicklungszeit von 4 auf 5 Minuten den höchsten prozentualen Schwärzungsanstieg (33,3 %).

Abb. 43
Prozentuale Schwärzungszunahme beim DSD bei 30 °C Entwicklertemperatur



6. 3. 6 Untersuchung des GSF - Film (GSF):

a) Schwärzungswerte bei variabler Entwicklungszeit und Entwicklertemperatur:

Entwicklertemperatur 20 °C:

t = Entwicklungszeit, d = Dicke des Kupfers in mm

	d	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
t						
1'		0,73	0,90	1,08	1,33	1,68
2'		0,83	1,02	1,32	1,78	2,50
3'		0,86	1,07	1,41	2,04	2,95
4'		0,90	1,13	1,48	2,10	2,98
5'		0,93	1,15	1,51	2,12	3,10

Entwicklertemperatur 22 °C:

t = Entwicklungszeit, d = Dicke des Kupfers in mm

	d	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
t						
1'		0,85	1,03	1,30	1,64	2,38
2'		0,91	1,14	1,51	2,18	3,26
3'		0,93	1,17	1,55	2,26	3,36
4'		0,95	1,22	1,60	2,29	3,40
5'		0,97	1,24	1,66	2,39	3,50

Entwicklertemperatur 24 °C:

t = Entwicklungszeit, d = Dicke des Kupfers in mm

	d	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
t						
1'		0,94	1,16	1,49	2,19	3,02
2'		0,96	1,19	1,60	2,27	3,32
3'		1,02	1,28	1,67	2,32	3,50
4'		1,06	1,35	1,87	2,63	3,73
5'		1,09	1,38	1,89	2,73	3,96

Entwicklertemperatur 26 °C:

t = Entwicklungszeit, d = Dicke des Kupfers in mm

t	d	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
1'		0,95	1,19	1,63	2,24	3,06
2'		1,04	1,31	1,72	2,33	3,45
3'		1,11	1,39	1,87	2,62	3,72
4'		1,15	1,47	1,94	2,82	4,00
5'		1,17	1,55	2,07	2,95	4,31

Entwicklertemperatur 28 °C:

t = Entwicklungszeit, d = Dicke des Kupfers in mm

t	d	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
1'		1,00	1,25	1,68	2,35	3,21
2'		1,07	1,35	1,76	2,46	3,67
3'		1,13	1,41	1,91	2,73	3,87
4'		1,25	1,64	2,24	3,09	4,23
5'		1,46	1,79	2,44	3,33	4,58

Entwicklertemperatur 30 °C:

t = Entwicklungszeit, d = Dicke des Kupfers in mm

t	d	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
30"		1,03	1,15	1,40	1,75	2,28
1'		1,13	1,35	1,80	2,56	3,71
2'		1,43	1,75	2,33	3,20	4,26
3'		1,63	1,97	2,66	3,66	5,05
4'		2,20	2,84	3,21	4,29	5,36
5'		2,34	2,94	3,51	4,36	5,90

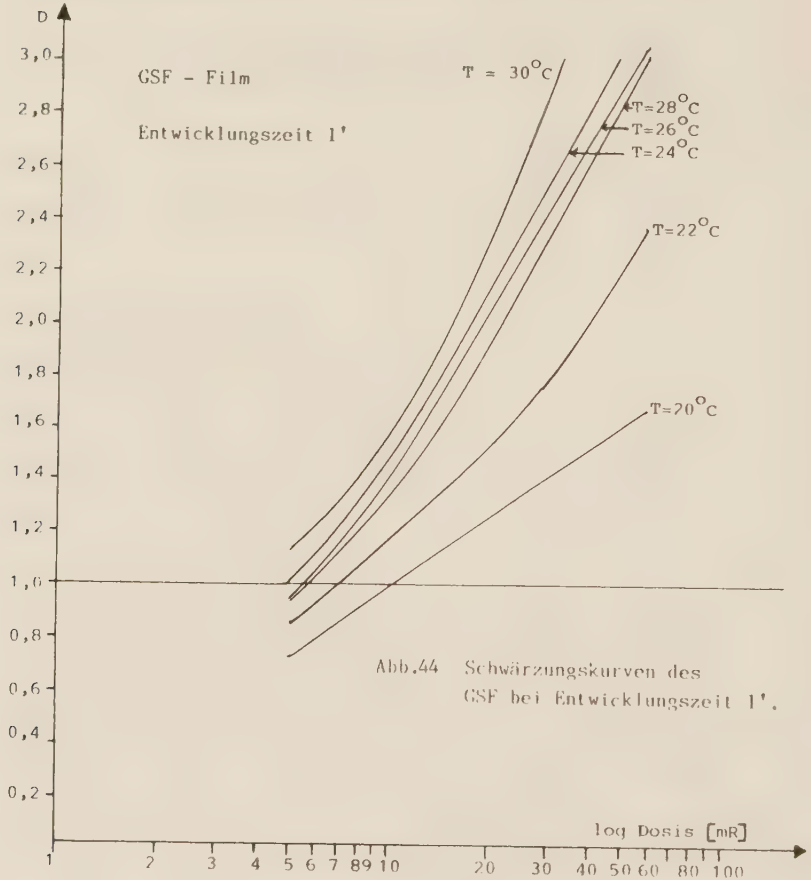
b) Filmempfindlichkeit in Abhängigkeit von Entwicklungszeit und Entwicklertemperatur beim GSF - Film:

Filmempfindlichkeit (= Filmdosis, die für die Schwärzung $D = 1$ benötigt wurde, in mR) bei variabler Entwicklertemperatur T und Entwicklungszeit t :

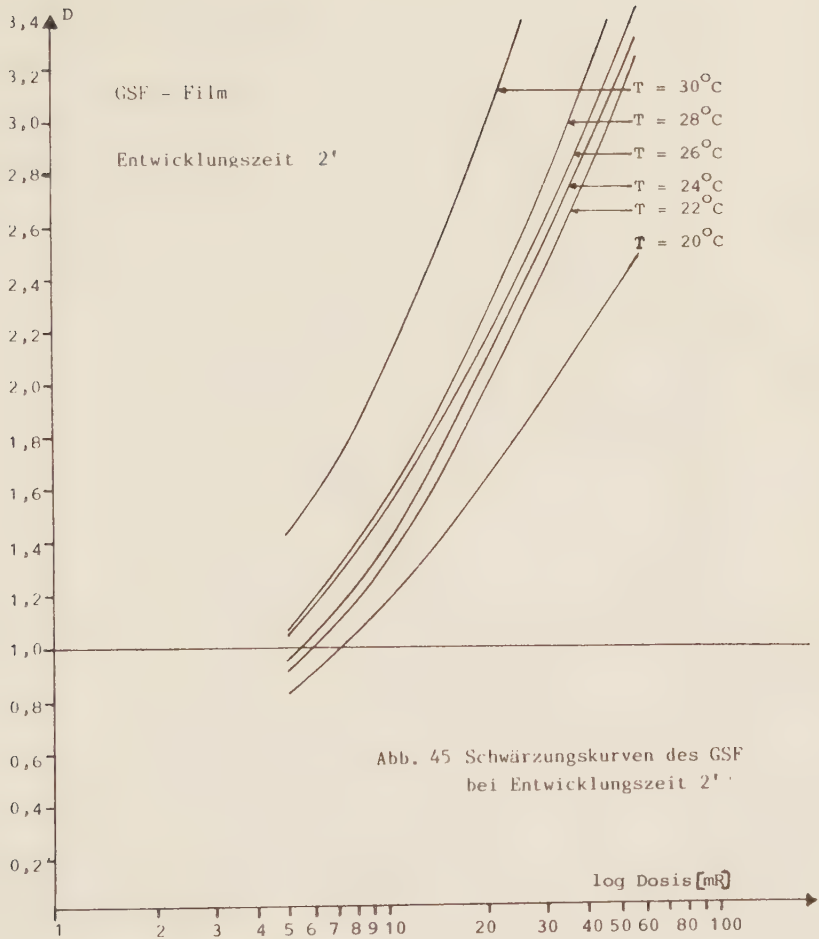
$T \backslash t$	30"	1'	2'	3'	4'	5'
20 °C		10,5	7,5	6,8	-	-
22 °C		7	6	5,8	-	-
24 °C		5,8	5,6	4,8	-	-
26 °C		5,6	4,5	4,2	-	-
28 °C		4,9	4,3	3,8	-	-
30 °C	4,5	3,8	2,9	ca.2	-	-

Bei diesem äußerst empfindlichen Film gilt das gleiche wie für alle anderen untersuchten Filme. Die Filmempfindlichkeit nimmt mit steigender Entwicklungszeit zu. Bei einer Entwicklungszeit von $t = 1'$ brachte eine Erhöhung der Entwicklertemperatur von 20 °C auf 30 °C eine Abnahme der für Schwärzung $D = 1$ notwendigen Filmdosis von 10,5 mR auf 3,8 mR.

c) Schwärzungskurven des GSF - Film sowie Vergleich von Schwärzungen bei bestimmter Filmdosis in Abhängigkeit von Entwicklungszeit und Entwicklertemperatur:

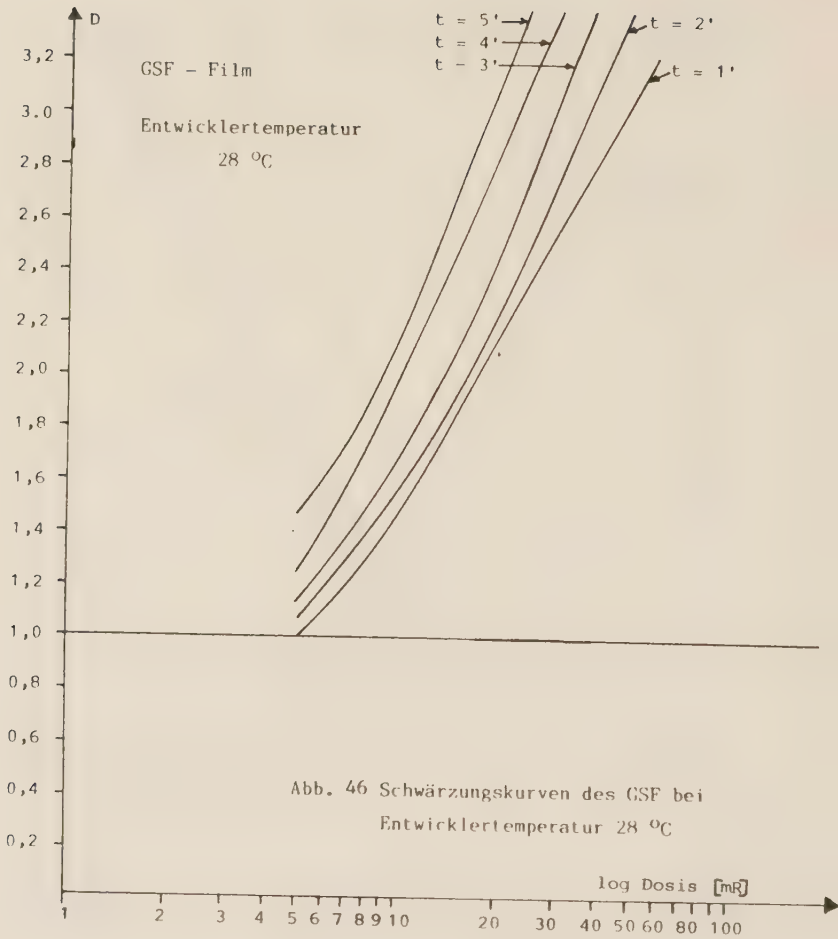


	Temp. T in °C	Schwärzung D	ΔD	Zunahme der Schwärzung
Schwärzungen des GSF bei Filmdosis 12,69 mR und 1' Entwicklungszeit	20	1,08		
	22	1,30	= 0,22	20,4 %
	24	1,49	= 0,19	14,6 %
	26	1,63	= 0,14	9,4 %
	28	1,68	= 0,05	3,1 %
	30	1,80	= 0,12	7,1 %

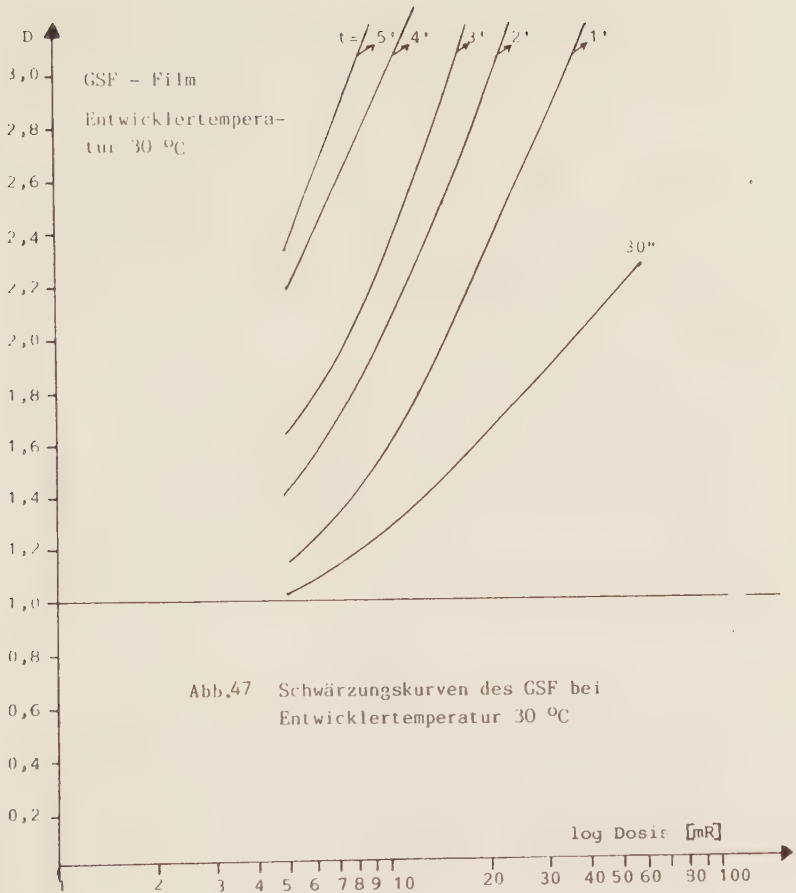


Schwärzungen des
GSF bei Filmdosis
12,69 mR und
2' Entwicklungszeit

Temp. T in $^{\circ}\text{C}$	Schwärzung D	ΔD	Zunahme der Schwärzung
20	1,32		
22	1,51	= 0,19	14,4 %
24	1,60	= 0,09	6 %
26	1,72	= 0,12	7,5 %
28	1,76	= 0,04	2,3 %
30	2,33	= 0,57	32,4 %



Schwärzungen des GSF bei Filmdosis 12,69 mR und 28 °C Entwickler- temperatur	Zeit t	Schwärzung D	ΔD	Zunahme der Schwärzung
	1'	1,68	= 0,08	4,8 %
	2'	1,76	= 0,15	8,5 %
	3'	1,91	= 0,33	17,3 %
	4'	2,24	= 0,20	8,9 %
	5'	2,44		



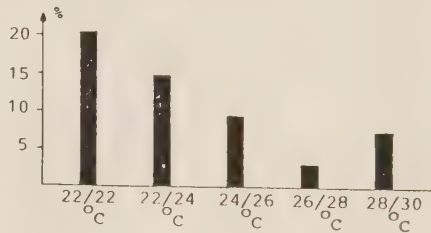
	Zeit t	Schwärzung D	ΔD	Zunahme der Schwärzung
Schwärzungen des GSF bei Filmdosis 12,69 mR und 30 °C Entwickler- temperatur	30"	1,40	= 0,46	32,8 %
	1'	1,86	= 0,47	25,3 %
	2'	2,33	= 0,33	14,2 %
	3'	2,66	= 0,55	20,7 %
	4'	3,21	= 0,30	9,3 %
	5'	3,51		

Bei den variablen Parametern Entwicklungszeit und Entwicklertemperatur zeigten sich auch beim GSF - Film parallele Schwärzungskurven.

Bei 12,69 mR Filmdosis konnte man bei den Versuchen folgendes erkennen:

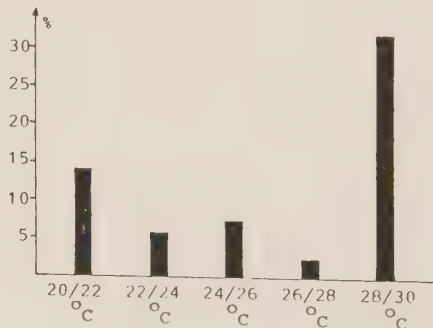
Bei 1 Minute Entwicklungszeit nahm die Schwärzung beim Sprung von 20 °C auf 22 °C mit 20,4 % am stärksten zu.

Abb. 48
Prozentuale Schwärzungszunahme beim GSF bei 1 Minute Entwicklungszeit



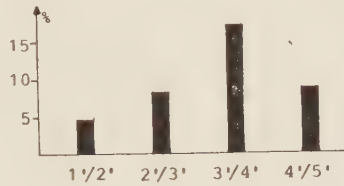
Bei einer Entwicklungszeit von 2 Minuten war die größte Schwärzungszunahme jedoch beim Sprung von 28 °C auf 30 °C mit 32,4 % zu sehen.

Abb. 49
Prozentuale Schwärzungszunahme beim GSF bei 2 Minuten Entwicklungszeit.



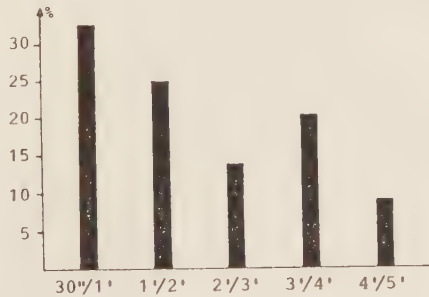
Bei einer Entwicklertemperatur von 28 °C und variabler Entwicklungszeit nahm die Schwärzung bei Verlängerung der Entwicklungszeit von 3 auf 4 Minuten am meisten zu, und zwar 17,3 %.

Abb. 50
Prozentuale Schwärzungszunahme beim GSF
bei 28 °C Entwicklertemperatur



Bei 30 °C Entwicklertemperatur war der größte Schwärzungsanstieg beim Sprung von 30 Sekunden auf 1 Minute mit 32,8 % zu beobachten.

Abb. 51
Prozentuale Schwärzungszunahme beim GSF
bei 30 °C Entwicklertemperatur



6. 4 Untersuchung des GSF - Films auf Überentwicklung:

6. 4. 1 Material und Verarbeitung:

Bestrahlung: - Kupferstufenkeil (0,2 - 1,0 mm Dicke)
 - 60 kV Röhrenspannung, 14 mA Röhrenstrom,
 2 mm Al Filterung

Dosimetrie: Dicke in mm 1,0 0,8 0,6 0,4 0,2
 Dosis in mR 5,05 7,59 12,69 24,25 60,44

Verarbeitung: - Dunkelkammeranlage "Fribo-X" mit dem Thermostat
 "Fribo-Paratherm S 100 Electronic"
 - Entwickler: Adefo-Röntgen-Entwickler-Konzentrat
 - Entwicklertemperatur: 20 °C

Densitometer: Transmission Densitometer DT 1105 der
 Firma R. Y. Perry Ltd./England

6. 4. 2 Gemessene Schwärzungen mit dem Kupferstufenkeil bei Entwicklungszeiten von 1' bis 60':

Entwicklungszeit in Min.	Dicke des Kupferstufenkeils in mm					
	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	
1'	0,73	0,90	1,08	1,33	1,68	
2'	0,83	1,02	1,32	1,78	2,50	
3'	0,86	1,07	1,41	2,04	2,95	
4'	0,90	1,13	1,48	2,10	2,98	
5'	0,93	1,15	1,51	2,12	3,10	
10'	0,95	1,16	1,56	2,22	3,14	
20'	0,99	1,22	1,60	2,25	3,38	
30'	1,14	1,41	1,81	2,54	3,53	
40'	1,23	1,48	2,06	3,06	4,00	
50'	1,30	1,65	2,15	3,09	4,41	
60'	1,40	1,77	2,44	3,33	4,60	

6.4.3 Schwarzungskurven des GSF - Films bei Entwicklungszeiten von 1 Minute bis 60 Minuten:

Die Schwarzungskurven verlaufen annähernd parallel, d. h. auch bei einer Entwicklungszeit von 60 Minuten bleiben die Schwarzungsunterschiede zwischen den einzelnen Stufen des Kupferstufenkeils erhalten, wenngleich die absoluten Schwarzungen der einzelnen Stufen erhöht sind. Mit diesem höchst empfindlichen Film ist also die Wiedergabe eines Kontrasts auch bei extrem langer Entwicklungszeit möglich.

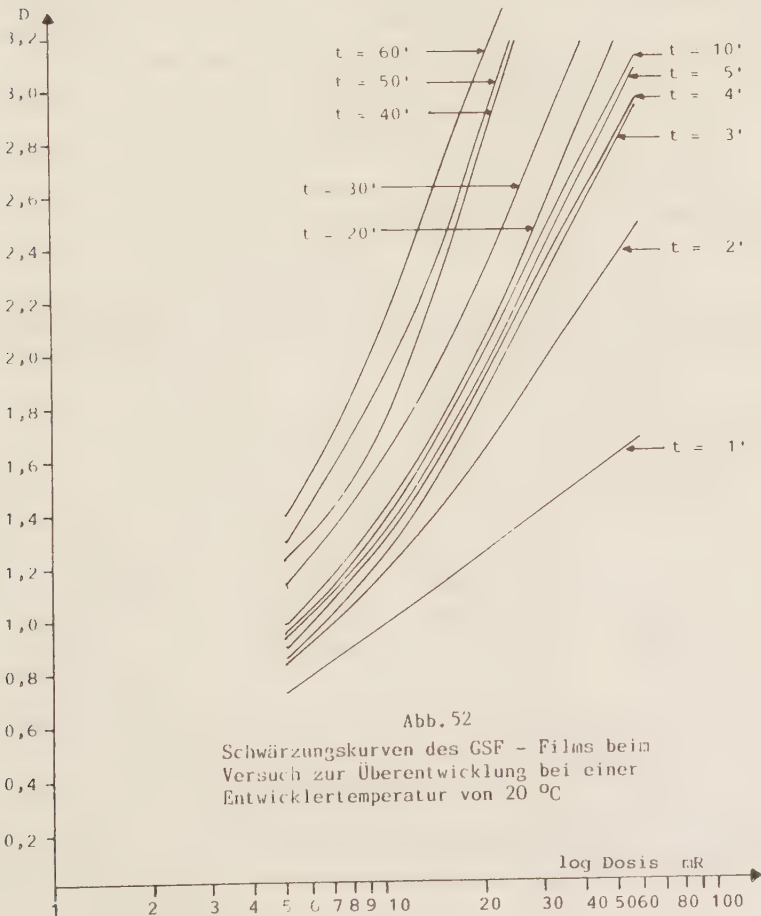


Abb. 52
Schwarzungskurven des GSF - Films beim
Versuch zur Überentwicklung bei einer
Entwicklertemperatur von 20 °C

6. 5. Untersuchung des Kodak Ultra Speed (KUS) auf Überentwicklung:

6. 5. 1 Material und Verarbeitung:

Bestrahlung: -Kupferstufenkeil (0,2 - 1,0 mm Dicke)
 -60 kV Röhrenspannung, 14 mA Röhrenstrom,
 2 mm Al Filterung

Dosimetrie:	Dicke in mm	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
	Dosis in mR	5,05	7,59	12,69	24,25	60,44

Verarbeitung: -Adefo-Zahnfilm-Entwicklerkonzentrat (1 Teil Konzen-
 trat : 4 Teile Wasser) bei 20 °C Entwicklertemperatur
 -Dauer der Zwischenwässerung: 30 Sekunden
 -Adefo-Zahnfilm-Rapid-Fixierkonzentrat (1 Teil Konzen-
 trat : 4 Teile Wasser) bei 10 Minuten fixieren
 -Dauer der Schlußwässerung: 20 Minuten

Densitometer: Transmission Densitometer DT 1105 der Firma R.Y. Perry
 Ltd./England

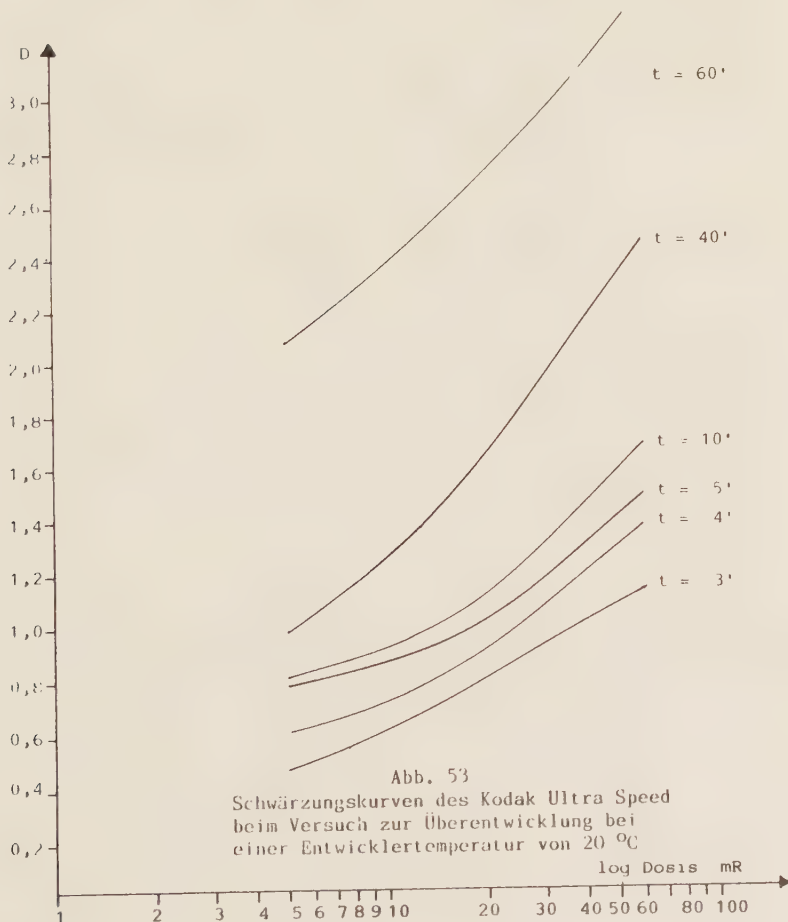
6. 5. 2 Gemessene Schwärzungen des Kodak Ultra Speed bei Entwicklungs- zeiten von 3' bis 180':

Dicke des Kupfer- Ent- wick- lungszeit in Min.	stufenkeils in mm				
	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
3'	0,47	0,55	0,67	0,91	1,32
4'	0,61	0,67	0,77	0,99	1,38
5'	0,79	0,86	0,90	1,08	1,50
10'	0,82	0,88	0,86	1,21	1,69
40'	0,99	1,15	1,37	1,78	2,47
60'	2,08	2,32	2,52	2,65	3,40
120'	alle Stufen ca. 4,80				
180'	alle Stufen ca. 5.10				

Die vom Hersteller bei 20°C Entwicklertemperatur empfohlene Entwicklungs-
 zeit betrug 5 Minuten.

6. 5. 3 Schwärzungskurven des Kodak Ultra Speed bei Entwicklungszeiten von 3 Minuten bis 180 Minuten

Hier zeigt sich, daß bei einer Entwicklungszeit von 120 Minuten alle Stufen auf dem Film gleich schwarz sind. Die Schwärzung ist also hier unabhängig von der Filmdosis und hängt nur von der Entwicklungszeit ab. Ab einer bestimmten Entwicklungszeit werden also auch nicht belichtete Ag Br - Kristalle zu metallischem Silber reduziert.



6. 6. Untersuchung des Einflusses von Entwickleralterung und Luft-oxidation mit dem Kodak Ultra Speed (KUS)

6. 6. 1 Material und Verarbeitung:

Bestrahlung: - Kupferstufenkeil (0,2 - 1,0 mm Dicke)
- 60 kV Röhrenspannung, 14 mA Röhrenstrom,
2 mm Al Filterung

Dosimetrie:	Dicke in mm	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
	Dosis in mR	5,05	7,59	12,69	24,25	60,44

Verarbeitung: Es wurde ein Adefo-Zahnfilm-Entwicklerkonzentrat (1 Teil Konzentrat : 4 Teile Wasser) zur Handentwicklung angesetzt und zu gleichen Mengen auf zwei Behälter aufgeteilt, wovon der eine während der Versuchsreihe offen stehengelassen wurde.

Die Entwicklungszeit betrug 5 Minuten bei 20 °C Entwickler-temperatur. Nach 30 Sekunden Zwischenwässerung wurde 10 Minuten fixiert und die Schlußwässerung dauerte 20 Minuten.

Densitometer: Transmission Densitometer DT 1105 der
Firma R. Y. Perry Ltd./England

6. 6. 2 Gemessene Schwärzungen des Kodak Ultra Speed an den einzelnen Versuchstagen:

Schwärzungen D für das geschlossene Gefäß (Behälter lichtdurchlässig):

	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
Tag 0	0,43	0,56	0,76	1,11	1,70
Tag 1	0,45	0,58	0,78	1,12	1,67
Tag 2	0,41	0,52	0,69	0,98	1,50
Tag 3	0,40	0,49	0,65	0,92	1,44
Tag 7	0,35	0,43	0,57	0,81	1,24
Tag 14	0,35	0,43	+	-	-

Schwärzungen D für das offene Gefäß (Behälter lichtdurchlässig):

	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
Tag 0	0,41	0,54	0,73	1,07	1,65
Tag 1	0,41	0,52	0,70	1,03	1,61
Tag 2	0,37	0,47	0,64	0,92	1,48
Tag 3	0,36	0,46	0,60	0,87	1,39
Tag 7	0,35	0,44	0,58	0,82	1,31
Tag 14	0,36	0,45	0,58	0,84	1,22

Prozentuale Abnahme der Schwärzungen für eine Filmdosis von 12,69 mR:

	Geschlossenes Gefäß	Offenes Gefäß
Tag 0	100 %	100 %
Tag 1	103 %	96 %
Tag 2	91 %	88 %
Tag 3	85 %	82 %
Tag 7	75 %	79 %
Tag 14	-	79 %

Die Abnahme der Schwärzung zeigte sich mehr oder weniger unabhängig von dem Umstand, ob das Gefäß geschlossen oder offen war, so daß sich die vermehrte Luftoxidation beim offenen Gefäß nicht so stark auswirkte. Dies kann jedoch auch an der geringen Menge der entwickelten Filme im Verhältnis zur Menge an Entwicklersubstanz liegen.

6. 7 Technische Daten der untersuchten Filme:

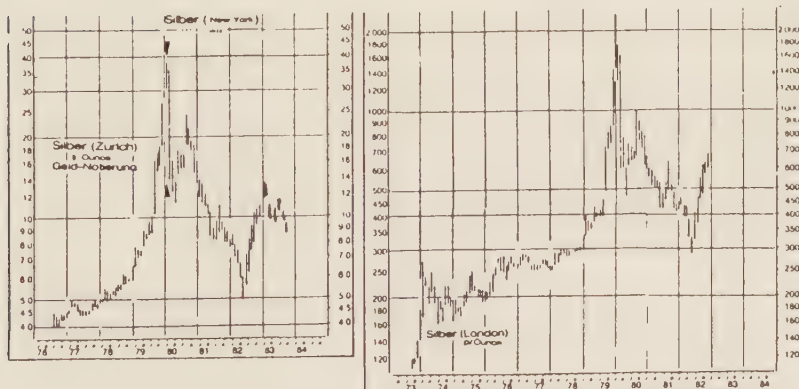
	Korngröße (μm)	Silbergehalt (g/m^2)	Schichtdicke je Seite (μm)
Agfa Dentus	1	20	6
Super Dozahn	≈ 1	20	18
Kodak Ultra Speed	$\approx 0,8$	nicht freigegeben	18
Kodak Ekta Speed	≈ 1	nicht freigegeben	10
Phil - X 30"	keine Angabe von Seiten des Herstellers		
Defacron	0,2 - 1,2	8,5	5-6
GSF - Film	keine Angabe von Seiten des Herstellers		

Hier gilt allen Filmherstellern unser Dank, die uns in so hervorragender Weise mit Filmmaterial und Informationen unterstützten:

- Herrn Günther Demuth von der Firma Dupont,
der mir in einem Seminar in Offenbach wertvolle Informationen zum
Thema zahnärztliche Röntgenologie vermittelte,
- Herrn Dr. Erhard Borcke von der Firma Agfa in München,
der mir ebenfalls nützliche Ratschläge gab,
- den Firmen Kodak, Agfa, Dupont, Adefo-Chemie und Siemens für das
reichlich zur Verfügung gestellte Material an Zahnfilmen.

7. Bewegung der Silberpreise in den letzten Jahren

Kein anderes Investment war in den letzten Jahren so sehr das Objekt von Gier und Panik der internationalen Spekulation wie Silber. Von einem Tief bei \$ 3,81 am 28. Januar 1976 stieg der Preis bis auf \$ 48 am 21. Januar 1980, stürzte auf \$ 11,10 am 28. März 1980, erholte sich wieder auf \$ 24,25 am 22. September 1980 und beendete schließlich die Baisse bei \$ 4,885 am 21. Juni 1982. Die Chancen für Anleger und Spekulanten, in den letzten drei Jahren mit Silber falsch zu liegen, waren ungleich größer als bei Gold – und doch ist es nicht verwunderlich, daß dieser Markt nach den völlig unerwarteten Preissteigerungen der letzten Monate jetzt wieder die Aufmerksamkeit des Publikums findet.



Bei den stark schwankenden Silberpreisen liegt die Vermutung nahe, daß die Herstellerfirmen der Röntgenfilme bei Höchstpreisen für Silber mit dem Silbergehalt in der Emulsion sparen. Dies würde bedeuten, daß die Filmempfindlichkeit indirekt proportional zum Silberpreis im Laufe der Jahre schwankt. Diese Behauptung kann jedoch mangels vorhandener Vergleichswerte in der Literatur und veränderter Korngrößen und Schichtdicken nicht eindeutig verifiziert werden.

8. Kurzfassung und kritische Auswertung der Ergebnisse:

8.1 Untersuchung der Filmempfindlichkeit:

Um Schwärzungskurven erstellen zu können, wurde ein Kupferstufenkeil mit fünf verschiedenen Kupferdicken durchstrahlt, wobei in einem Vorversuch für jede Kupferdicke die Dosis an der Filmoberfläche bestimmt wurde. Untersucht wurden sieben verschiedene Filme. Die Grauschleierwerte lagen um Schwärzung $D = 0,20$ mit $\pm 0,04$ Abweichung:

Kodak Ultra Speed	0,18
Kodak Ektar Speed	0,21
Dupont Super Dozahn	0,17
Agfa Dentus	0,16
Phil-X 30"	0,23
Defacron	0,19
GSF - Film	0,24

Bei variabler Röhrenspannung und variablem Röhrenstrom sowie Verarbeitung mit dem Dürr-Gerät AC 245 L bei 28 °C wurde bei folgenden Dosen jeweils die Schwärzung $D = 1$ erreicht:

	50 kV/20 mA	60 kV/14 mA	65 kV/14 mA
GSF - Film	4,5 mR	5,0 mR	ca. 4,0 mR
Kodak Ektar Speed	8,9 mR	11,0 mR	15,0 mR
Agfa Dentus	22,0 mR	22,0 mR	29,0 mR
Kodak Ultra Speed	37,0 mR	32,0 mR	36,0 mR
Phil-X 30"(40" Entw.Zeit)	-	ca. 70 mR	80,0 mR
Defacron (40" Entw.Zeit)	ca. 90 mR	ca. 70 mR	80,0 mR
Phil-X 30"(30" Entw.Zeit)	ca.120 mR	ca. 95 mR	ca.120 mR
Dupont Super Dozahn	52,0 mR	ca.130 mR	85,0 mR

D i s k u s s i o n :

- a) Der GSF - Film und der Kodak Ekta Speed waren bei weitem am empfindlichsten, was aber vermutlich auf die große Korngröße beider Filme zurückzuführen ist. Die hohen Grauschleierwerte im Vergleich zu den anderen Filmen bestätigen diese Vermutung. Beide Filme dürften wahrscheinlich in der Endodontie hervorragende Ergebnisse liefern, jedoch könnten sie für Kariesdiagnostik und Pa-Röntgenstatus zu unscharf sein.
- b) Mit dem Kodak Ekta Speed benötigt man nur ein Drittel der Dosis für Schwärzung $D = 1$ wie mit dem Kodak Ultra Speed, so daß der Einsatz des Kodak Ekta Speed eine gewaltige Verminderung der applizierten Patientendosen ermöglicht.
- c) Die beiden selbstentwickelnden Filme Defacron und Phil X 30" brauchen in etwa die doppelte Dosis für die Schwärzung $D = 1$ wie der Kodak Ultra Speed, jedoch besitzen sie eine hervorragende Zeichnung.
- d) Der Defacron-Film (40" Entwicklungszeit vom Hersteller vorgeschlagen) und der Phil-X 30", den wir 40" entwickelten, benötigten die gleiche Dosis für Schwärzung $D = 1$, was zu der Vermutung Anlaß gibt, daß es sich bei den beiden unter verschiedenen Namen verkauften Filmen um in etwa das gleiche Material handelt.
- e) Der Dupont Super Dozahn war relativ unempfindlich im Vergleich zu den Filmen Kodak Ekta Speed, Kodak Ultra Speed und Agfa Dentus.
- f) Bei höheren Dosen erreichen der Agfa Dentus und der Kodak Ultra Speed höhere Schwärzungen als der Kodak Ekta Speed, was in einem Vorversuch mit 113,19 mR Filmdosis festgestellt wurde.

Kodak Ekta Speed	$D = 3,89$
Kodak Ultra Speed	$D = 4,00$
Agfa Dentus	$D = 3,93$

Diese Tatsache spricht auch für die hohe Korngröße des Kodak Ekta Speed, der damit schneller einen Sättigungsgrad erreicht als die beiden unempfindlicheren Filme, die jedoch offenbar kleinere Korngrößen besitzen.

8. 2. Grauschleier in Abhängigkeit von Entwicklungszeit und Entwicklungstemperatur:

- a) Der Grauschleier aller Filme nimmt mit höheren Entwicklungszeiten und Entwicklertemperaturen zu;
- b) Der Anstieg der Grauschleierwerte war jedoch bei den verschiedenen Filmen unterschiedlich:

	<u>20 °C / 1 Min.</u>	<u>30 °C / 5 Min.</u>
Agfa Dentus	0,1	0,23
Kodak Ultra Speed	0,12	0,24
Kodak Ekta Speed	0,15	0,55
Dupont Super Dozahn	0,11	0,35
GSF - Film	0,19	0,68

Diese Werte zeigen, daß die empfindlicheren, grobkörnigeren Filme (GSF - Film, Kodak Ekta Speed) mit steigenden Entwicklungszeiten und höheren Entwicklertemperaturen wesentlich höhere Grauschleierwerte besitzen als die anderen untersuchten Filme.

8.3 Schwarzungskurven in Abhängigkeit von Entwicklertemperatur und Entwicklungszeit:

- a) Die Kurven zeigen bei allen Filmen einen annähernd parallelen Verlauf.
- b) Die für die Schwärzung $D = 1$ notwendige Dosis nimmt mit steigender Entwicklungszeit bzw. Entwicklertemperatur ab:

Filmempfindlichkeit bei 2 Minuten Entwicklungszeit und Steigerung der Entwicklertemperatur von 20 °C auf 30 °C:

	20 °C	30 °C
Kodak Ekta Speed	14,0 mR	7,4 mR
Kodak Ultra Speed	36,0 mR	17,0 mR
Agfa Dentus	29,0 mR	17,0 mR
Dupont Super Dozahn	ca.180 mR	88,0 mR
GSF - Film	7,5 mR	2,9 mR

Es zeigt sich, daß bei einer Erhöhung der Entwicklertemperatur von 20 °C auf 30 °C nur noch ca. die Hälfte der bei 20 °C applizierten Filmdosis notwendig ist, um Schwärzung $D = 1$ zu erzielen.

Filmempfindlichkeit bei 28 °C Entwicklertemperatur und Steigerung der Entwicklungszeit von 1 Minute auf 2 Minuten:

	1 Min.	2 Min.
Kodak Ekta Speed	11,0 mR	10,0 mR
Kodak Ultra Speed	26,5 mR	22,0 mR
Agfa Dentus	23,0 mR	18,5 mR
Dupont Super Dozahn	ca.180 mR	ca.100 mR
GSF - Film	4,9 mR	4,3 mR

Auch hier verringerte sich bei Steigerung der Entwicklungszeit von 1 Minute auf 2 Minuten die für Schwärzung $D = 1$ notwendige Filmdosis, jedoch war diese Verminderung bei dem weniger empfindlicheren Dupont Super Dozahn prozentual wesentlich größer als bei den empfindlicheren Filmen.

- c) Bei der stufenweisen Steigerung der Entwicklertemperatur von 20 °C auf 30 °C sowie der Entwicklungszeit von 1 Minute auf 5 Minuten nahm die Schwärzung bei den fünf ausgewählten Film Dosen kontinuierlich zu. Es zeigte sich jedoch, daß die prozentuale Zunahme der Schwärzung von einem Temperatursprung zum anderen bzw. einem Entwicklungszeit-sprung zum anderen unterschiedlich groß war. Bei Variation der Entwicklertemperatur war die prozentuale Zunahme der Schwärzung häufig bei Erhöhung der Entwicklertemperatur von 24 °C auf 26 °C sowie von 28 °C auf 30 °C größer als bei den anderen Temperatursprüngen. Bei Variation der Entwicklungszeit zeigte sich zumeist, daß bei Erhöhung der Entwicklungszeit von 3 auf 4 Minuten die prozentuale Zunahme der Schwärzung am größten war.

Abschließend läßt sich zur Möglichkeit der Variation von Entwicklungszeit und Entwicklertemperatur folgendes sagen:

Die Entwicklungszeit sollte aus Zeitersparnisgründen (Diagnose-Aufnahmen, Meß- und Kontrollaufnahmen in der Endodontie) für die tägliche Praxis des Zahnarztes nicht mehr als drei Minuten betragen. Der Erhöhung der Entwicklertemperatur hingegen sind durch Veränderungen in der Oberflächenstruktur der Filmemulsionen bei Entwicklertemperaturen über 30 °C Grenzen gesetzt.

8. 4. Vergleich zwischen Maschinenentwicklung und Handentwicklung

Beim Versuch 6. 1 wurden die Filme mit dem Dürr-Gerät AC 245 L bei 28 °C verarbeitet. Bei einer Verarbeitungsdauer von ca. 4 Minuten dürfte die reine Entwicklungszeit ca. 2 Minuten betragen haben. Beim Versuch 6. 3 wurden die Filme unter Variation von Entwicklungszeit und Entwicklungstemperatur mit einem Adefo-Röntgen-Entwicklerkonzentrat per Hand entwickelt.

Vergleich der Filmempfindlichkeit bei 28 °C Entwicklertemperatur und 2 Minuten Entwicklungszeit zwischen Handentwicklung und Maschinenentwicklung:

Handentwicklung: Maschinenentwicklung:

Kodak Ekta Speed	10,0 mR	11,0 mR
Kodak Ultra Speed	22,0 mR	32,0 mR
Agfa Dentus	18,5 mR	22,0 mR
Dupont Super Dozahn	ca.100 mR	ca.130 mR
GSF - Film	4,3 mR	5,0 mR

Es ist zu erkennen, daß bei Handentwicklung eine geringere Filmdosis für die Schwärzung $D = 1$ notwendig ist.

8. 5 Überentwicklungsversuche:

- a) Beim Kodak Ultra Speed ergaben sich bei der Filmdosis 60,44 mR bei 20 °C Entwicklertemperatur in Abhängigkeit von der Entwicklungszeit folgende Schwärzungen:

3 Min.	$D = 1,32$
4 Min.	$D = 1,38$
5 Min.	$D = 1,50$
10 Min.	$D = 1,69$
30 Min.	$D = 1,90$
40 Min.	$D = 2,47$
60 Min.	$D = 3,40$

Bei 120 Minuten betrug die Schwärzung aller Kupferstufen von 0,2 - 1,0 mm Dicke ca. 4,80, bei 180 Minuten ca. 5,10. Der Versuch zeigte, daß eine Überentwicklung durchaus möglich ist, d. h. daß bei extrem langen Entwicklungszeiten auch einstmals stabile Silberbromidkörner instabil werden und ausfallen.

- b) Beim GSF - Film zeigten sich ähnliche Ergebnisse wie beim Kodak Ultra Speed, jedoch waren nach 60 Minuten Entwicklungszeit noch deutliche Schwärzungsunterschiede der einzelnen Kupferstufen feststellbar, was für die hohe Empfindlichkeit des GSF - Films spricht.

8. 6 Einfluß von Luftoxidation bzw. Entwickleralterung auf die Schwärzungskurve des Kodak Ultra Speed:

Jeden Tag wurde ein über dem Kupferstufenkeil bestrahlter Kodak Ultra Speed - Film in einem offenstehenden und einem geschlossenen Gefäß bei 20 °C fünf Minuten lang entwickelt. Bei 12,69 mR Filmdosis ergaben sich folgende prozentuale Abnahmen der Schwärzung:

		<u>Offenes Gefäß:</u>	<u>Geschlossenes Gefäß:</u>
Tag	0	100 %	100 %
Tag	3	82 %	85 %
Tag	7	79 %	75 %

Der Einfluß der Luftoxidation auf die Qualität des Entwicklers war also hier nicht zu erkennen, was jedoch auch an der geringen Menge der entwickelten Filme im Verhältnis zur relativ großen Menge Entwicklersubstanz liegen kann.

8. 7 Technische Daten der untersuchten Filme:

- Die Korngrößen der untersuchten Filme bewegten sich um 1 μm . Die Korngröße des Kodak Ultra Speed beträgt ca. 0,8 μm im Vergleich zum Kodak Ektaspeed mit 1,0 μm , woraus man ersehen kann, daß schon eine geringfügige Erhöhung der Korngröße zu einer relativ großen Erhöhung der Filmempfindlichkeit führen kann.
- Der Silbergehalt war beim Agfa Dentus und beim Dupont Super Dozahn jeweils 20 g pro m^2 . Beim Defacron hingegen nur 8,5 g pro m^2 . Der Silbergehalt der anderen untersuchten Filme konnten nicht in Erfahrung gebracht werden.
- Die Schichtdicke je Seite war bei den untersuchten Filmen unterschiedlich groß: Während sie beim Defacron und beim Agfa Dentus ca. 6 μm betrug, konnte man beim Kodak Ultra Speed und beim Kodak Ektaspeed 10 μm sowie beim Dupont Super Dozahn 18 μm feststellen.

Zusammenfassend kann man sagen, daß erst die Kombination dieser drei Daten (Korngröße, Silbergehalt und Schichtdicke) einen direkten Einfluß auf die Filmempfindlichkeit nimmt.

9. Vergleiche mit anderen Autoren

Die erste Untersuchung über den Kodak Ekta Speed wurde 1983 von R o t g a n s (38) durchgeführt. Er stellte fest, daß der Zahnfilm Kodak Ekta Speed im Vergleich zum Kodak Ultra Speed 1,8fach empfindlicher ist bei in etwa gleichen Schleierwerten.

Bei unseren Versuchen der Filmempfindlichkeit setzten wir die Filmempfindlichkeit des Kodak Ekta Speed prozentual ins Verhältnis mit der des Kodak Ultra Speed, dessen Filmempfindlichkeit als 100 % angenommen wurde. Beim Kodak Ekta Speed waren bei 50 kV 24 %, bei 60 kV 34 % und bei 65 kV 42 % der Dosis nötig, die beim Kodak Ultra Speed Schwärzung $D = 1$ bewirkte.

Zu den Schleierwerten mußten wir jedoch im Gegensatz zu R o t g a n s feststellen, daß der Grauschleier des Kodak Ekta Speed im Vergleich zum Kodak Ultra Speed doch klar erhöht ist (0,21 beim Kodak Ekta Speed, 0,18 beim Kodak Ultra Speed bei 28 °C Entwicklertemperatur). Vor allem nehmen beim Kodak Ekta Speed bei Erhöhung von Entwicklertemperatur und Entwicklungszeit die Grauschleierwerte stärker zu als beim Kodak Ultra Speed, was eine Kontrastabnahme zur Folge haben könnte.

Ebenso wie R o t g a n s konnten wir die Beobachtung machen, daß bei höheren Filmdosen die Schwärzungen des Kodak Ultra Speed höher sind als die des Kodak Ekta Speed, d. h. daß sich die Schwärzungskurven schneiden. Dies ist auf die größere Korngröße des Kodak Ekta Speed zurückzuführen, die zwar den Vorteil der höheren Filmempfindlichkeit besitzt, jedoch schneller einen Sättigungsgrad erreicht und höhere Grauschleierwerte zeigt.

Mit der Dissertation von S a u t e r (1), die 1978 erstellt wurde, konnten wir quantitative Vergleiche anstellen, da auch sie den Einfluß von Entwicklertemperatur, Entwicklungszeit und Röhrenspannung untersuchte. Wir kamen beide zu dem Ergebnis, daß der prinzipielle Verlauf der Schwärzungskurven unabhängig von Röhrenspannung, Entwicklertemperatur und Entwicklungszeit ist. Jedoch nimmt mit steigender Röhrenspannung, längerer Entwicklungszeit und höherer Entwicklertemperatur die Filmempfindlichkeit zu.

S a u t e r kam bei 60 kV Röhrenspannung und 5 Minuten Entwicklungszeit zu

folgenden Filmempfindlichkeiten:

	26 °C	23 °C	20 °C
Adox Super Dozahn	42,5 mR	62 mR	71 mR
	25 °C	22 °C	20 °C
Kodak Ultra Speed	37 mR	47 mR	47 mR

Unsere Ergebnisse bei annähernd gleichen Versuchsbedingungen waren folgende:

	26 °C	24 °C	22 °C	20 °C
Dupont Super Dozahn	78 mR	80 mR	88 mR	130 mR
Kodak Ultra Speed	17 mR	24 mR	25 mR	30 mR

Bei 60 kV Röhrenspannung und 20 °C Entwicklertemperatur untersuchte S a u t e r die Abhängigkeit der Filmempfindlichkeit von der Entwicklungszeit:

	2'	4'	5'	6'
Kodak Ultra Speed	60 mR	51 mR	49 mR	45 mR
Adox Super Dozahn	85 mR	74 mR	70 mR	65 mR

Im Vergleich dazu unsere Werte für die Filmempfindlichkeit bei variabler Entwicklungszeit:

	2'	4'	5'
Kodak Ultra Speed	36 mR	32 mR	30 mR
Dupont Super Dozahn	180 mR	140 mR	130 mR

Offenbar wurde der Kodak Ultra Speed seit 1978 verbessert, so daß seine Filmempfindlichkeit zunahm. Beim Dupont Super Dozahn (vormals Adox Super Dozahn) war entweder das Gegenteil der Fall oder die von uns untersuchten Zahnfilme der Marke Dupont Super Dozahn waren schon zu lange gelagert. Dies entzieht sich unserer Beurteilung, da uns nicht bekannt ist, wie lange die Filme gelagert wurden, bevor wir sie für unsere Untersuchung zur Verfügung gestellt bekamen.

Ebenso wie M a n s o n - H i n g und M o n n i e r (24) konnten wir unter 6. 2. feststellen, daß mit Steigerung der Entwicklertemperatur sich der Grauschleier stark erhöht. Dies führt ab bestimmten Entwickler-temperaturen zu einer Verschlechterung der Bildqualität, da, wie unter 6. 8 gezeigt werden konnte, die Kontrastwiedergabe ab 28 °C nicht weiter zunimmt, sondern nur noch der Grauschleier ansteigt.

Über den "fil-den" - Zahnfilm, der dem heutigen Phil-X 30" entspricht, lagen uns zwei Untersuchungen vor: K l e m m und S c h l e g e l (7) behaupteten, er zeige hohe Schleierwerte, was durch unsere Untersuchung untermauert werden konnte, da der Phil-X 30" mit 0,23 im Vergleich zu den übrigen untersuchten Zahnfilmen absolut den größten Grauschleierwert zeigte. Dies führt zu geringerer Kontrastwiedergabe und Detailerkennbarkeit.

B u z z i (36) behauptete, daß die Filmempfindlichkeit des "fil-den" - Zahnfilms im Bereich des Kodak Ultra Speed liege. Wir mußten jedoch feststellen, daß bei 60 kV und 14 mA beim Kodak Ultra Speed 32,0 mR und beim Phil-X 30" ca. 95 mR für die Schwärzung $D = 1$ benötigt wurden. Man brauchte also ca. die dreifache Dosis als beim Kodak Ultra Speed für Schwärzung $D = 1$.

Die Erkenntnis von J u n g (6), daß die Filmempfindlichkeit durch größere Silberkörner zu steigern ist, sahen wir dadurch bestätigt, daß der grobkörnige Kodak Ekta Speed weitaus empfindlicher war als die übrigen feinkörnigeren Zahnfilme.

10. Zusammenfassung

Es waren Untersuchungen über das Verhalten von Röntgenfilmen unter verschiedenen Entwicklungsbedingungen anzustellen.

Dabei konnte das Verhalten von sieben verschiedenen Zahnfilmen (Kodak Ekta Speed, Kodak Ultra Speed, Agfa Dentus, Dupont Super Dozahn, GSF - Film, Defacron und Phil-X 30") in Bezug auf Filmempfindlichkeit und Grauschleier in Abhängigkeit von unterschiedlichen Verarbeitungsbedingungen überprüft werden.

Die Zahnfilme wurden durch einen selbstangefertigten Kupferstufenkeil mit fünf Kupferstufen (Dicke 0,2 bis 1,0 mm) nach vorausgegangener Dosimetrie im Kalibrierzentrum der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung München (GSF) belichtet. Die Verarbeitung der Filme erfolgte teilweise mit Entwicklungsmaschinen und zum Teil mittels Handentwicklung. Die Schwärzung der Zahnfilme wurde densitometrisch in der GSF München bestimmt.

Ergebnisse stichwortartig zusammengefaßt:

- Der Grauschleier stieg bei den untersuchten Zahnfilmen in nachgeannter Reihenfolge an:
Agfa Dentus, Dupont Super Dozahn, Kodak Ultra Speed, Defacron, Kodak Ekta Speed, Phil-X 30", GSF - Film
- Die Filme GSF - Film, Kodak Ekta Speed, Agfa Dentus und Kodak Ultra Speed zeigten mit einigem Abstand zu den übrigen Filmen die höchste Filmempfindlichkeit, wobei der Agfa Dentus und der Kodak Ultra Speed bei höheren Dosen stärker geschwärzt wurden als der weitaus empfindlichere Kodak Ekta Speed.

- Der Grauschleier der untersuchten Filme stieg mit zunehmender Entwicklertemperatur bzw. Entwicklungszeit unterschiedlich stark an, wobei der Anstieg des Grauschleiers bei den beiden empfindlichsten Filmen (GSF - Film, Kodak Ekta Speed) am stärksten war.
- Bei Erhöhung von Entwicklertemperatur und Entwicklungszeit nimmt die Filmempfindlichkeit aller untersuchten Filme zu. Der Anstieg der Schwärzung bei bestimmter Filmdosis war jedoch bei den einzelnen Entwicklertemperaturen bzw. Entwicklungszeitsprüngen verschiedenen groß.
- Beim Vergleich zwischen Hand- und Maschinenentwicklung war bei der Handentwicklung etwas weniger Filmdosis für die selbe Schwärzung notwendig als bei der Maschinenentwicklung.
- Die Einflüsse von Luftoxidation und Entwickleralterung beeinträchtigen nach bestimmter Zeit die Bildqualität.
- Bei Ausentwicklung der Filme (Entwicklertemperatur 20 ° C, Entwicklungszeit 5') ergaben sich bei 60 kV Röhrenspannung und 14 mA Röhrenstrom unter Abzug des Grauschleiers folgende Filmempfindlichkeiten:

GSF - Film	8,5 mR
Kodak Ekta Speed	15,0 mR
Agfa Dentus	30,0 mR
Kodak Ultra Speed	35,0 mR
Dupont Super Dozahn	ca. 150 mR

11. Literaturverzeichnis

- (1) Sauter, W. Über die Abhängigkeit der für Zahnröntgenaufnahmen erforderlichen Dosis vom Filmmaterial und seiner Verarbeitung sowie von aufnahmetechnischen Faktoren. Med. Diss. München 1978
- (2) Beck, H. Das große Agfa-Laborhandbuch, Teil I: Das Negativverfahren Photographische Verlagsgesellsch., Düsseldorf 1949
- (3) Mc Call, I.O., Handbuch der klinischen dentalen Röntgenologie Wald, S.S. Medica Verlag, Stuttgart 1954
- (4) Jost, L., Dunkelkammer Technik Demuth, G. Dupont-Verlag, Homburg/Saar 1969
- (5) Sonnabend, E. Das Röntgenbild in der zahnärztlichen Praxis R. Pflaum Verlag, München 1958
- (6) Jung, T. Röntengeräte und Filmverarbeitung Dtsch.Zahnärztl.Z., 22, 215 (1967)
- (7) Klemm, J., Vergleichende Untersuchungen zur praktischen Schlegel, D. Brauchbarkeit von "selbstentwickelnden" Zahn-filmen Dtsch.Zahnärztl.Z., 22, 224-230 (1967)
- (8) Babor, R., Überprüfung zahnärztlicher Röntgenapparate auf Sonnabend, E. Strahlensicherheit nach dem Ropak-Verfahren Dtsch.Zahnärztl.Z., 25, 577-585 (1970)
- (9) Ackermann, L. Fehler und Irrtümer bei Belichtung und Entwick-lung der Zahnröntgenfilme Dtsch.Zahnärztl.Z., 29, 292-294 (1974)
- (10) Buchmann, F. Fehler bei der Automation Dtsch.Zahnärztl.Z., 29, 295-298 (1974)
- (11) Schmitt, E. Fehler und Irrtümer anhand von Reklamations-analysen Dtsch.Zahnärztl.Z., 29, 299-300 (1974)
- (12) Siede, K. Automatische Röntgenfilmentwicklung auch für die Zahnarztpraxis Quintess. Zahnärztl. Lit., 8, 83-84 (1967)
- (13) Excoe, R., Entwicklung von Röntgenfilmen bei Tageslicht Excoe, D. in der Praxis Quintess. Zahnärztl. Lit., 6, 91 (1968)

- (14) Alcox, R.W.,
Jamesou, W.R. Schnellentwicklung von Röntgenfilmen bei
speziellen Arbeiten
Quintess. Zahnärztl. Lit., 8, 95-96 (1969)
- (15) Castagnola, L.,
Garberoglio, R. Beschleunigte Entwicklung zahnärztlicher Rönt-
genfilme
Quintess. Zahnärztl. Lit., 10, 141-144 (1969)
- (16) Alcox, R. W. Der heutige Stand der automatischen Röntgenfilm-
entwickler
Quintess. Zahnärztl. Lit., 4, 125-126 (1973)
- (17) van de Poel, A. Entwicklungsergebnisse mit einem neuen Einbadent-
wickler
Quintess. Zahnärztl. Lit., 6, 101-102 (1974)
- (18) Thunty, K.H.
u.a. Automatische Filmentwicklung in der zahnärzt-
lichen Praxis
Quintess. Zahnärztl. Lit., 5, 115-119 (1978)
- (19) Thunty, K.H. Röntgenologische Fehldiagnosen durch Bearbei-
tungsfehler bei der Filmentwicklung
Quintess. Zahnärztl. Lit., 7, 83-84 (1978)
- (20) Kimmel, K.H. Die zahnärztliche Röntgentechnik
Quintess. Zahnärztl. Lit., 11, 107-109 (1979)
- (21) Bundis, S.,
Lerch, W.A. Kriterien für die audiovisuelle Kommunikation,
projizierbare Hilfsmittel und ihre Herstellung
Quintess. Zahnärztl. Lit.
5, 919-928 (1981)
6, 1095-1099 (1981)
8, 1573-1585 (1982)
- (22) Bernhardt, H.,
Matick, H.G. Systematische Untersuchungen in der Dunkelkammer
und am Röntgenstuhl zur Hygienesituation
Quintess. Zahnärztl. Lit., 5, 1041-1045 (1982)
- (23) Manson-Hing, L.R. Evaluation of film processing with concentrated
solutions
Oral Surg. Med. Path., 36, 280-286 (1973)
- (24) Manson-Hing, L.R.,
Monnier, P.Y. Radiographic densitometric evaluation of seven
processing solutions
Oral Surg. Med. Path., 39, 493-501 (1975)
- (25) Manson-Hing, L.R.,
Patel, J.R. Densitometric evaluation of quick X-ray developing
solutions
Oral Surg. Med. Path., 43, 467-472 (1977)

- (26) Alcox, R.W.,
Jameson, W.R. Rapid dental X-ray film processor for
selected procedures
J. Am. Dent. Ass., 78, 517-519 (1969)
- (27) van de Poel, A.C.M. The Kodak DX R replenisher as a quick developer
J. Am. Dent. Ass., 86, 401-403 (1973)
- (28) van de Poel, A.C.M. Processing results with a new dental X-ray
monobath
J. Am. Dent. Ass., 87, 869-887 (1973)
- (29) van de Poel, A.C.M. Entwicklungsergebnisse mit einem neuen Mono-
bad für zahnärztliche Röntgenaufnahmen
J. Am. Dent. Ass., 87, 869-871 (1973)
- (30) Brown, C.E. u.a. Degradation zahnärztlicher Röntgenentwickler-
lösungen
J. Am. Dent. Ass., 87, 1200-12 (1973)
- (31) Pestritto, S.T.
u.a. Comparison of diagnostic quality of dental
radiographs produced by five rapid processing
techniques
J. Am. Dent. Ass., 89, 353-355 (1974)
- (32) Lomberg, G.R. Vereinfachte Aufnahmetechnik und Schnellent-
wicklung beim Röntgen
Zahnärztliche Welt, 85, 646-647 (1976)
- (33) Schneider, H.G.,
Stutzke, G. Einsatzmöglichkeiten für das Entwicklungs-
Detail-Filter-Verfahren in der Stomatologie
Stomatol, DDR, 26, 619 (1976)
- (34) Excoe, R.,
Excoe, D. Rapid evaluation of X-ray machines
Dental Abstracts, 12, 762 (1968)
- (35) Sonnabend, E. Die Dunkelkammer in der zahnärztlichen Praxis
Deutscher Zahnärzte-Kalender 100-117 (1964)
- (36) Buzzi, R.A. RX-Schnellentwicklung leicht gemacht
Schweiz.Mschr.Zahnheilk., 77, 1153-1154 (1967)
- (37) Castagnola, L.,
Garberoglio, R. Neuere Methoden der Schnellentwicklung
zahnärztlicher Röntgenbilder
Schweiz.Mschr.Zahnheilk., 79, 751-760 (1969)
- (38) Rotgans, H. Verbesserung der Strahlenhygiene durch den
Kodak-Ekta-Speed R-Dentalröntgenfilm
Quintess. Zahnärztl. Lit., 4, 703-710 (1983)

L E B E N S L A U F

Name	K l o t z, Peter Raimund
Geburtstag und -ort	19. Oktober 1959 in München
Eltern	Raimund Klotz und Ehefrau Anneliese, geb. Neupert
Schulbildung	Volksschule Germering vom September 1966 bis Juli 1970 Max-Born-Gymnasium Germering vom September 1970 bis Juni 1979 Abitur Juni 1979 Studium der Zahnheilkunde an der Ludwig-Maximilians-Universität München vom Mai 1980 bis Juli 1985 Staatsexamen vom 1. August 1985 bis 11. Dezember 1985 Doktorprüfung: 28. Januar 1986
Persönliche Verhältnisse	ledig Wohnung in 8034 Germering, Waldhornstr. 12



